AEROKLUB PRL
Szkolenie
szybowcowe

BUDOWA I UŻYTKOWANIE SZYBOWCÓW

JÓZEF ZIELEZIŃSKI

Szkolenie Szybowcowe

BUDOWA i UŻYTKOWANIE SZYBOWCÓW

Wydawnictwa
Komunikacji i Łączności
Warszawa 1977

Okładkę projektował:
ZENON PORADA
Opiniodawca:
inż. JANUSZ BECKER

Układ typograficzny wnętrza
TADEUSZ PIETRZYK

629.135.15

Podstawowe wiadomości o budowie nowoczesnych szybowców (konstrukcja i technologia), zasady właściwej eksploatacji szybowców oraz wiadomości o budowie, działaniu i użytkowaniu startowych urządzeń szybowcowych.
Odbiorcy: kandydaci na pilotów szybowcowych oraz instruktorzy szybowcowi.

Redaktor:
TERESA DRZAL
Redaktor techniczny:
JADWIGA MAJEWSKA
Korektor:
BARBARA KOBIAŁKO

Część pierwsza

BUDOWA SZYBOWCÓW

Rozdział I.

CHARAKTERYSTYKA I PRZEZNACZENIE SZYBOWCÓW

strona 5

1. Klasyfikacja szybowców/5
2. Przepisy budowy szybowców/14
3. Obciążenia działające na szybowiec/16
4. Projektowanie nowego typu szybowca/22

Rozdział II.

MATERIAŁY I TECHNOLOGIA

strona 25

1. Ogólne wiadomości o materiałach/25
2. Drewno/25
3. Sklejki/29
4. Kleje/32
5. Laminaty/36
6. Metale/43
7. Powłoki ochronne metali/46
8. Tkaniny/47
9. Lakiery do drewna, tkanin i laminatów/49
10. Szkło organiczne/52
11. Części znormalizowane/54

Rozdział III.

BUDOWA ZESPOŁÓW SZYBOWCA

strona 55

1. Układy konstrukcyjne szybowców/55
2. Konstrukcje skrzydeł/60
3. Konstrukcje kadłubów/80
4. Usterzenia szybowca/90
5. Podwozia szybowców/100
6. Mechanizmy sterownicze/106
7. Zaczepy startowe i ich instalacje/115
8. Instalacje umasienia szybowców/120
9. Wyposażenie szybowca/122
10. Niwelacja i stabilizacja szybowca/129
11. Ważenie, wyrównoważanie, środek ciężkości/131
12. Napisy i oznaczenia na szybowcu/133

Część druga

UŻYTKOWANIE SZYBOWCÓW

4 Rozdział I.

PRACE WYKONYWANE PRZEZ PILOTÓW strona 134

1. Montaż szybowca/134
2. Przygotowanie szybowca do lotu/149
3. Transport szybowca na start/156
4. Przedstartowy przegląd szybowca/161
5. Zabezpieczenie szybowca w terenie przygodnym/161
6. Demontaż szybowca w terenie przygodnym/166
7. Transport szybowca/171
8. Przegląd szybowca po locie/176
9. Hangarowanie szybowca/178

Rozdział II.

ZAGADNIENIA EKSPLOATACYJNE strona 185

1. Normalne zużycie eksploatacyjne szybowca/185
2. Bieżąca konserwacja szybowca/187
3. Czynności okresowe/190
4. Typowe usterki eksploatacyjne/191
5. Uszkodzenia eksploatacyjne/194
6. Naprawy szybowców/203
7. Okresy użytkowania szybowców/207
8. Dokumentacja szybowca/207

Część trzecia

URZĄDZENIA STARTOWE SZYBOWCÓW

Rozdział I.

WYCIĄGARKI SZYBOWCOWE strona 209

1. Budowa wyciągarki/209
2. Wyciągarki stosowane w kraju/229
3. Przygotowanie wyciągarki do pracy/234

Rozdział II.

ŚCIĄGARKA LINY strona 236

1. Budowa ściągarki/238
2. Przygotowanie ściągarki do pracy/241
3. Zespół lin przy starcie z zastosowaniem ściągarki/243

Rozdział III.

START ZA WYCIĄGARKĄ strona 246

Rozdział IV.

LINY STARTOWE

1. Liny do wyciągarek i ściągarek/249
2. Liny holownicze do startu za samolotem/255
3. Gumowe liny startowe/257

Rozdział V.

SAMOLOT HOLUJĄCY strona 261

CZĘŚĆ PIERWSZA

BUDOWA SZYBOWCÓW

Rozdział I

CHARAKTERYSTYKA I PRZEZNACZENIE SZYBOWCÓW

1/I

KLASYFIKACJA SZYBOWCÓW

Szybowce konstruowane są odpowiednio do przeznaczenia. Konsekwencją różnic konstrukcyjnych są odrębne własności lotne i pilotażowe. Własności te odpowiadają wymaganiom stawianym przez przepisy budowy sprzętu lotniczego i są charakterystyczne dla poszczególnych klas szybowców. Ze względu na przeznaczenie rozróżnia się następujące klasy szybowców:

1) szybowce szkolne,
2) szybowce treningowe,
3) szybowce wyczynowe,
4) szybowce akrobacyjne,
5) szybowce specjalne.

Od szybowców szkolnych wymaga się szczególnie prawidłowych i bezpiecznych własności lotnych oraz łatwego i prawidłowego pilotażu zapewniającego odpowiednią tolerancję na charakterystyczne błędy popełniane przez pilota podczas szkolenia. Jednocześnie wymagana jest prostota konstrukcji i niskie koszty budowy, w celu obniżenia kosztów szkolenia i napraw.

Wymienione tu wymagania powodują, że szybowce szkolne mają dość niskie osiągi, to znaczy dość duże opadanie i niezbyt dużą doskonałość aerodynamiczną. Wartości opadania i doskonałości nie stanowią w tej grupie szybowców zagad-

nienia najważniejszego. Dawniej stosowana była wyłącznie metoda szkolenia na szybowcach jednomiejscowych. Tego rodzaju szybowce były szczególnie narażone na uszkodzenia spowodowane błędami pilotażu, a głównie błędami popełnianymi podczas lądowania. Dlatego wymagana była duża odporność konstrukcji na nieprawidłowe lądowania.

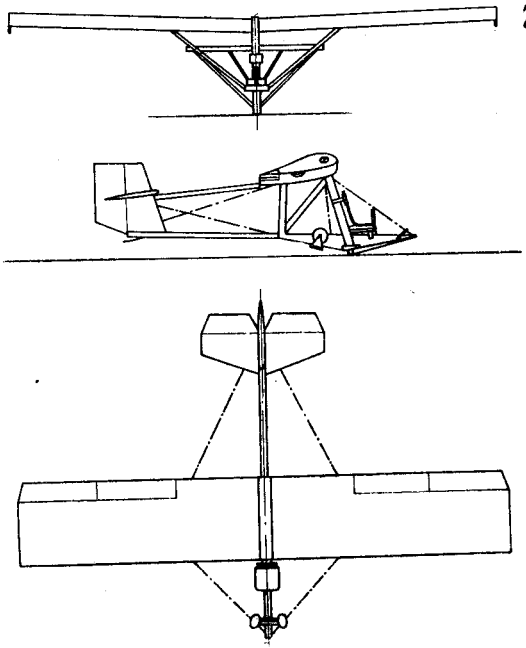
Ostatnie lata przyniosły zasadnicze zmiany w metodyce szkolenia szybowcowego, polegające na wprowadzeniu szkolenia metodą dwusterową. Obecność instruktora na pokładzie szybowca, a więc możliwość eliminowania błędów ucznia, zwiększyła wydatnie bezpieczeństwo szkolenia i zmniejszyła radykalnie częstość występowania uszkodzeń sprzętu.

Początkowo dwumiejscowe szybowce szkolne miały wiele cech wspólnych z wycofanymi szybowcami jednomiejscowymi, toteż do podnoszenia kwalifikacji szkolonych konieczne było stosowanie szybowca przejściowo-treningowego, jako pośredniego ogniwa pomiędzy szybowcem szkolnym i wyczynowym. Wkrótce okazało się, że przy stosowaniu metody dwusterowej istnieje możliwość szkolenia od podstaw na szybowcu bardziej doskonałym, mającym cechy szybowca wyczynowego, po którego opanowaniu przejście na podstawowy jednomiejscowy szybowiec wyczynowy nie nastręcza uczniowi trudności. W ten sposób z biegiem czasu wyeliminowany został prawie zupełnie klasyczny szkolny szybowiec dwumiejscowy, a także szybowiec przejściowo-treningowy, jakie opisywane są w dawnych podręcznikach szybownictwa.

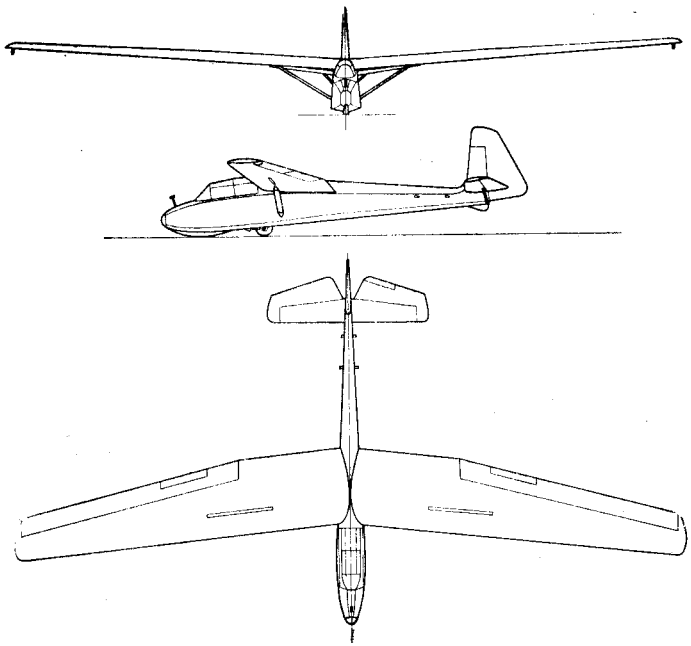
Ewolucje rozwojowe w konstrukcjach szybowców stosowanych do szkolenia zilustrowane są na rysunkach 1, 2 oraz 3. Na rysunku 1 przedstawiono nie spotykany już obecnie jednomiejscowy szybowiec szkolny „ABC", odznaczający się bardzo uproszczoną konstrukcją.

Na rysunku 2 pokazano szkolny szybowiec dwumiejscowy „Czapla", o bardziej skomplikowanej konstrukcji, stosowany w szkoleniu za wyciągarką. Przejście z tego szybowca na szybowiec wyczynowy wymagało w zasadzie zastosowania szybowca typu przejściowego (rys. 3). W przypadku pominięcia tego typu dalsze szkolenie wymagało wykonywania lotów dwusterowych na dwumiejscowym szybowcu wyczynowym.

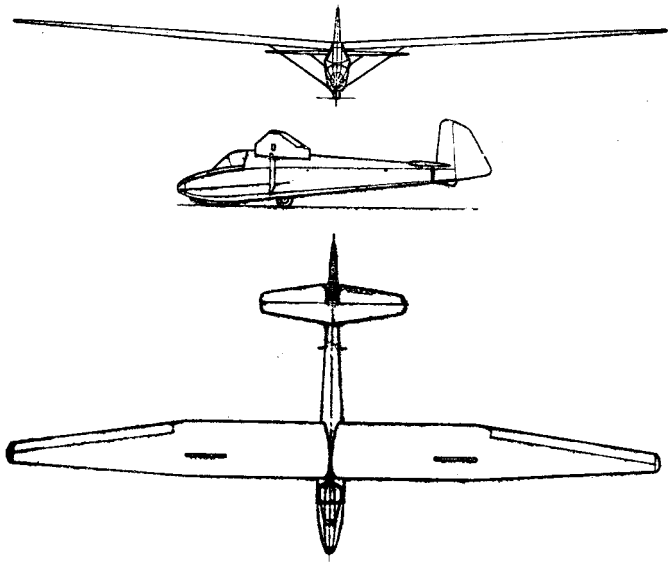
Obecnie coraz częściej występuje tendencja do szkolenia od podstaw na szybowcu umożliwiającym nie tylko opanowanie podstawowych elementów pilotażu, ale także naukę lotów za samolotem, wyprowadzania szybowca z sytuacji nieprawidłowych (np. z korkociągu) oraz lotów termicznych. Takie warunki spełnia szybowiec dwumiejscowy o cechach szybowca wyczynowego. Może to być szybowiec specjalnie



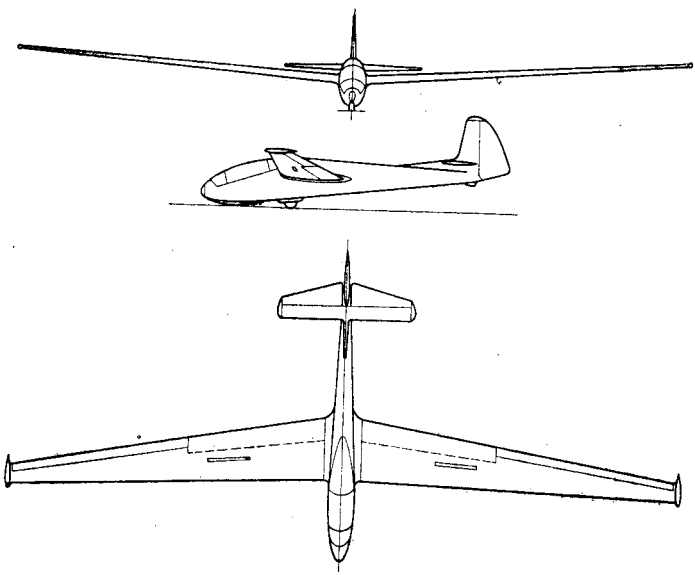
Rys. 1. Jednomiejscowy szybowiec szkolny „ABC"



Rys. 2. Dwumiejscowy szybowiec szkolny „Czapla"



Rys. 3. Jednomiejscowy szybowiec przejściowo-treningowy „Sroka"



Rys. 4. Dwumiejscowy szybowiec wyczynowy „Bocian"

skonstruowany w tym celu, można też wykorzystać do tego rodzaju zadań istniejące typy szybowców dwumiejscowych wyczynowych. W szybowcach konstruowanych specjalnie do tego celu miejsca załogi mogą być usytuowane obok siebie, najczęściej jednak stosowane są szybowce wyczynowe z miejscami jedno za drugim (ucznia umieszcza się zawsze z przodu). Przykładem dwumiejscowego szybowca wyczynowego wykorzystywanego do szkolenia może być szeroko stosowany w kraju szybowiec „Bocian" (rys. 4).

Prostota konstrukcji klasycznych szybowców szkolnych przejawia się w przyjętym układzie górnopłata zastrzałowego o wielobocznym płaskościennym kadłubie. Układ przedstawiony na rysunku 4 jest konstrukcją wolnonośną o owalnym przekroju kadłuba, odznaczającą się znacznie lepszym opracowaniem aerodynamicznym.

Największe zróżnicowanie konstrukcji widoczne jest w klasie szybowców wyczynowych, które służą do doskonalenia pilotażowego, do uprawiania latania wyczynowego oraz do zdobywania warunków sportowych i rekordów. Tutaj poszczególne konstrukcje różnią się nieraz znacznie od siebie, co świadczy nie tylko o pewnym zróżnicowaniu założeń, ale też o wielotorowości poszukiwań w dążeniu do uzyskania jak najlepszych wyników. Rozwój tych szybowców postępuje zasadniczo w dwóch kierunkach: szybowce wyczynowe przeznaczone do szerokiego użytkowania „na co dzień", a więc w różnych warunkach (co powoduje, że ich własności lotne stanowią pewne optimum wymagań), i szybowce wysokowyczynowe, o szczególnie starannie wypracowanych własnościach lotnych, z którego wywodzą się szybowce zawodnicze i rekordowe.

Niejednokrotnie uzyskanie wysokich własności lotnych, a przede wszystkim dużej doskonałości, odbywa się kosztem zrezygnowania z innych własności i w niektórych przypadkach pociąga za sobą występowanie mniej bezpiecznych własności, trudniejszy lub bardziej męczący pilotaż czy też mniejszą wygodę w kabinie. Na takich szybowcach mogą więc latać tylko odpowiednio doświadczeni piloci.

W porównaniu z poprzednio omawianymi klasami szybowce wyczynowe charakteryzuje:

— staranne opracowanie aerodynamiczne, w tym staranne wykończenie powierzchni zewnętrznych,
— większa mechanizacja (chowane podwozia, klapy, zbiorniki na balast wodny), a tym samym bardziej skomplikowana obsługa urządzeń,
— duża doskonałość aerodynamiczna,
— mniejsza prędkość opadania,
— zwiększona wytrzymałość umożliwiająca wykonywanie

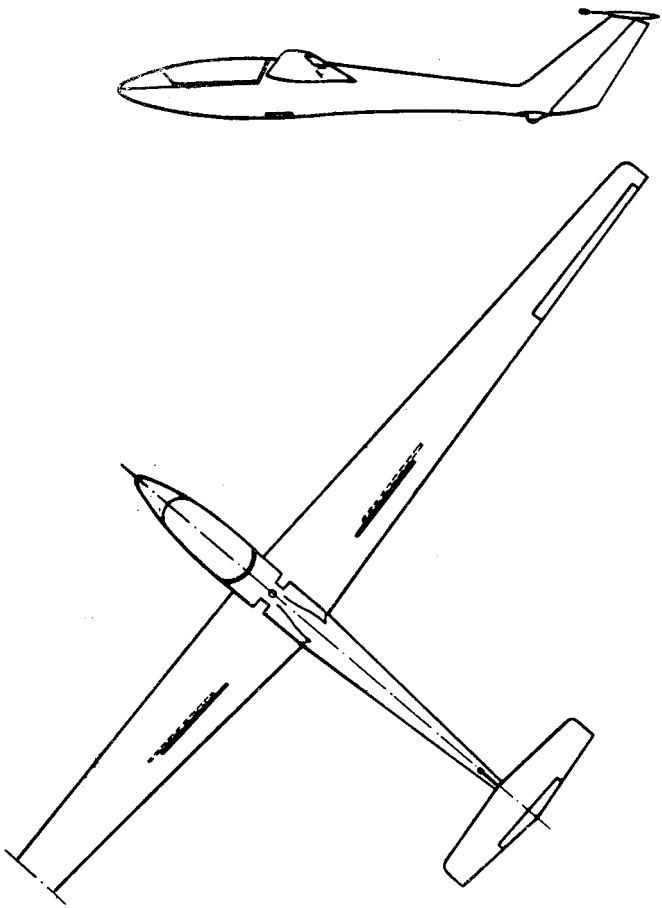
10

lotów chmurowych oraz lotów przy występowaniu znacznych podmuchów pionowych,

— bardziej czuły i trudniejszy pilotaż.

Konstrukcja szybowca wyczynowego przewiduje możliwość zabudowy radiostacji pokładowej, instalacji tlenowej oraz bagażu w postaci narzędzi montażowych, przyborów do kotwiczenia, pokrowca na kabinę oraz osobistych rzeczy pilota. Szybowce wyczynowe budowane są w układzie średniopłata lub grzbietopłata jako jedno- lub dwumiejscowe.

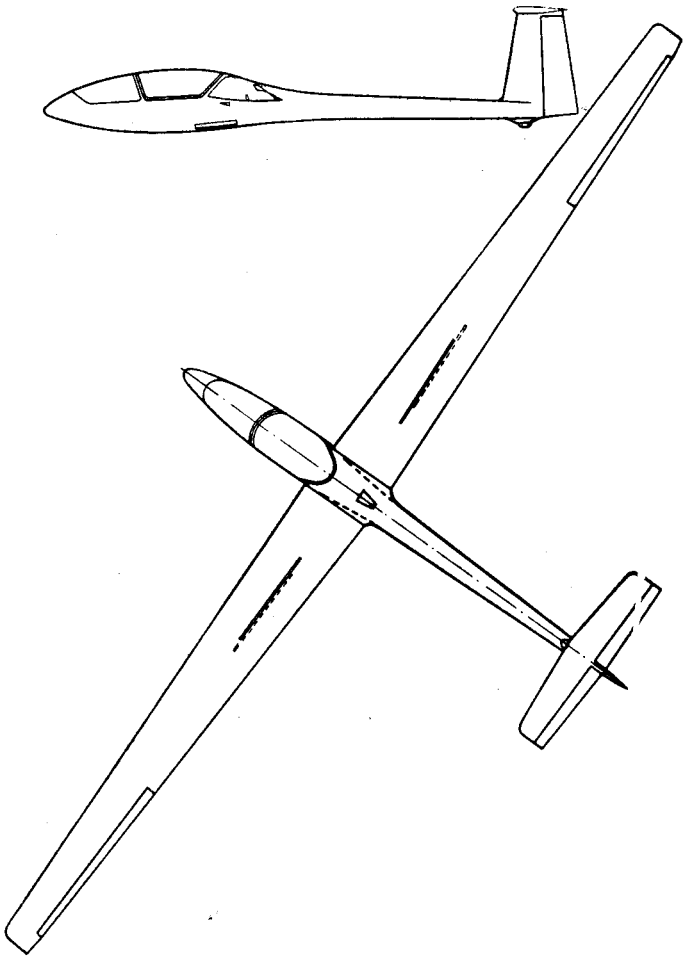
Charakterystyczny nowoczesny szybowiec wyczynowy konstrukcji drewnianej pokazany jest na rysunku 5. Jest to szy-



Rys. 5. Jednomiejscowy szybowiec wyczynowy „Cobra"

bowiec „Cobra". Rysunek 6 przedstawia wysokowyczynowy szybowiec konstrukcji laminatowej „Jantar 1", będący przedstawicielem szczytowej klasy współczesnych szybowców wyczynowych.

Szybowce wyczynowe stanowią główny sprzęt służący do uprawiania sportu szybowcowego i z nich wywodzą się kon-



Rys. 6. Jednomiejscowy szybowiec wyczynowy z laminatów „Jantar 1"

strukcje, na których rozgrywane są krajowe i międzynarodowe zawody szybowcowe. O wyniku uzyskanym podczas zawodów decyduje nie tylko pilot, ale w dużym stopniu także szybowiec, dlatego też zawody szybowcowe, zwłaszcza międzynarodowe, stanowią także sprawdzian jakości sprzę-

1 tu. Zawody międzynarodowe (mistrzostwa świata) rozgrywa-
2 ne są już od wielu lat w dwóch klasach, w klasie standard i w klasie otwartej. Klasa standard ogranicza w pewnym stopniu „zapędy" konstruktorów, narzucając liczne postulaty w stosunku do konstrukcji szybowca, natomiast klasa otwarta pozwala na dowolność konstrukcji i jest kuźnią nowych, niejednokrotnie eksperymentalnych koncepcji, tworzących postęp w technice szybowcowej.

Założeniem dla klasy standard miał być szybowiec prosty w konstrukcji, łatwo dostępny dla przeciętnej organizacji szybowcowej, czyli szybowiec do użytkowania na co dzień. W miarę rozwoju tej klasy idea szybowca klasy standard została wypaczona i w zasadzie zachował się jedynie postulat dotyczący rozpiętości skrzydeł (nie może przekraczać 15 m). Dopuszczone zostało chowane podwozie, klapy wyporowe na zawiasach, zrezygnowano z pełnej skuteczności hamulców aerodynamicznych, zgadzając się na ograniczanie przez nie prędkości po torze nachylonym pod kątem 45° do dopuszczalnej prędkości maksymalnej.

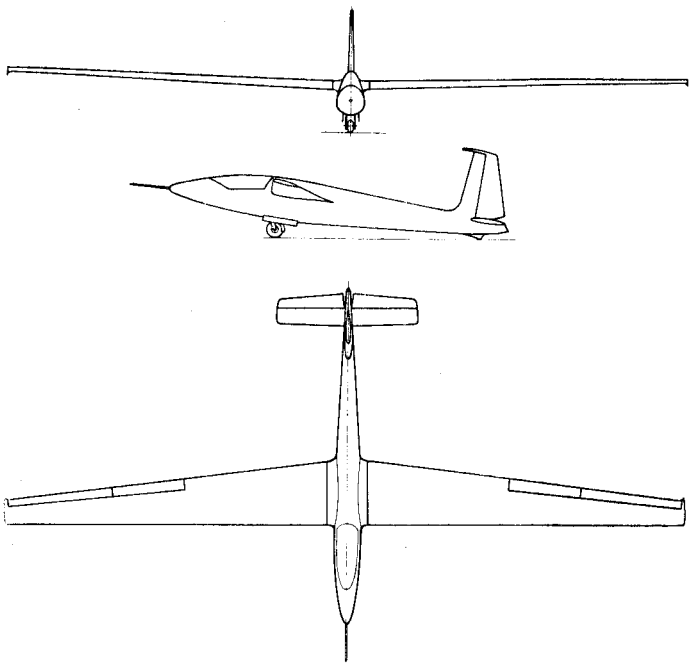
Szybowce akrobacyjne odznaczają się bardziej zwartą budową, zapewniającą im większą wytrzymałość, a tym samym możliwość realizowania dużych przeciążeń tak w locie normalnym, jak i odwróconym. Wymagana jest dobra sterowność, a także dobre własności w locie odwróconym. W następstwie takich założeń charakteryzuje je stosunkowo mała rozpiętość przy dość znacznym ciężarze własnym, co sprawia, że mają one większe niż szybowce innych klas prędkości startu i lądowania oraz większe prędkości ewolucyjne. Uzyskanie odpowiednich własności w akrobacji nie idzie zwykle w parze z zapewnieniem zupełnie bezpiecznych własności lotnych i pilotażowych, jakich wymaga się od szybowców pozostałych klas. Szybowce akrobacyjne charakteryzuje bardziej gwałtowny przebieg utraty prędkości i związana z tym łatwość wprowadzania w korkociąg oraz dobra „zrywność", czyli łatwość rozpędzania.

Szybowce akrobacyjne budowane są w układzie średniopłata, rzadziej grzbietopłata. W celu uzyskania dobrych własności w locie odwróconym kąt zaklinowania skrzydła jest u nich zwykle bardzo mały, co z kolei wymaga stosowania wysokiego podwozia, zapewniającego możliwość uzyskania podczas startu i lądowania odpowiednio dużych kątów natarcia (w celu zmniejszenia prędkości i skrócenia długości startu i lądowania). Przykład nowoczesnego szybowca akrobacyjnego przedstawiony jest na rysunku 7.

Szybowce akrobacyjne są budowane w krótkich seriach ze względu na ograniczone zastosowanie. Latać mogą na nich jedynie zaawansowani piloci, przy czym czasy trwania lo-

tów, w porównaniu na przykład z szybowcami wyczynowymi, są tu krótkie. Z powyższych względów niewielka nawet liczba szybowców akrobacyjnych zaspokaja zapotrzebowanie na ten rodzaj sprzętu na wiele lat i w ich klasie nie obserwuje się takiego rozwoju, jaki cechuje klasę szybowców wyczynowych.

Do klasy szybowców specjalnych zalicza się niektóre typy szybowców zawodniczych i rekordowych oraz różne układy szybowców doświadczalnych. Pojęciem „specjalny" określa



Rys. 7. Jednomiejscowy szybowiec akrobacyjny „Kobuz"

się też takie konwencjonalne konstrukcje, które pod pewnymi względami nie spełniają wymagań przepisów i nie mogą być zaszeregowane do normalnych klas użytkowych. Są one w takich przypadkach dopuszczone do użytkowania z odpowiednimi ograniczeniami. Szybowce doświadczalne mogą się charakteryzować nowymi rozwiązaniami aerodynamicznymi, konstrukcyjnymi lub technologicznymi. Mogą to być zarówno konstrukcje o dużej, jak i o małej wytrzymałości. Za przykład posłużyć tu może układ bezogonowca, latającego skrzydła lub szybowiec o rozpiętości przekraczającej np. 20 m.

1 Informacyjno-porównawczy materiał dotyczący poszczególnych klas szybowców przedstawiony jest w tablicy 1.
4

TABLICA 1

CHARAKTERYSTYKA POSZCZEGÓLNYCH KLAS SZYBOWCÓW

Klasa szybowców	Rozpiętość m	Ciężar własny kG	Ciężar w locie kG	Wydłużenie	Doskonałość	Najmniejsze opadanie m/s
Szkolne jednomiejscowe	9÷12	90÷120	180÷210	6÷8	10÷13	1,2÷1,4
Szkolne dwumiejscowe	15÷16	250÷280	380÷460	10÷12	15÷17	1,0÷1,2
Treningowe	13÷15	150÷170	240÷260	10÷15	14÷20	0,85
Wyczynowe jednomiejscowe	15÷20	200÷300	280÷380	14÷25	24÷45	0,6÷0 0,6÷0,8
Wyczynowe dwumiejscowe	18	280÷330	440÷490	15÷20	24÷30	0,7÷0,9
Akrobacyjne	12÷15	250÷280	340÷370	12÷15	24÷28	0,8÷1,0

2/I

PRZEPISY BUDOWY SZYBOWCÓW

Przepisy budowy szybowców mają na celu zapewnienie bezpiecznego użytkowania sprzętu szybowcowego. Określają one warunki, jakim powinien odpowiadać zdatny do użytkowania szybowiec pod względem wymagań konstrukcyjnych, wytrzymałościowych oraz pod względem własności lotnych i pilotażowych.

Większość państw ma własne przepisy budowy szybowców, zaś pozostałe kraje korzystają z wybranych przez siebie przepisów zagranicznych. Przepisy przeznaczone są przede wszystkim dla konstruktorów; podają warunki, jakie powinna spełniać konstrukcja szybowca, stanowiąc jednocześnie pomoc w rozwiązywaniu problemów konstrukcyjnych. Na podstawie przepisów wykonuje się bowiem obliczenia, buduje się szybowiec, a także bada się jego własności pilotażowe.

Instytucje nadzoru technicznego sprawdzają zgodność cech konstrukcyjnych prototypu z wymaganiami przepisów i na tej podstawie wydają orzeczenie i świadectwo typu. Dokumenty te upoważniają do rozpoczęcia seryjnej produkcji sprzętu. Zawarta w przepisach klasyfikacja sprzętu szybow-

cowego odpowiada potrzebom i wymaganiom użytkowników, upraszcza sprawy związane z zamawianiem nowego typu szybowca.

W krajowych przepisach szybowce sklasyfikowane są zależnie od ich przeznaczenia (tabl. 2).

Ponadto przepisy zawierają ustalenia i pojęcia mające związek z użytkowaniem sprzętu szybowcowego. Między innymi na ich podstawie sporządzane są tabliczki informacyjne umieszczane w kabinach, podające zakresy warunków użyt-

TABLICA 2

KATEGORIE OBCIĄŻENIOWE SZYBOWCÓW

Kategoria obciążeniowa	Klasa szybowcowa	Współczynnik obciążenia dopuszczalnego
1 (słabo obciążone)	I—II szkolne, treningowe	4,5 ÷ −2,0
2 (średnio obciążone)	III wyczynowe	6,0 ÷ −3,0
3 (silnie obciążone)	IV akrobacyjne	7,0 ÷ −4,0
4 (specjalne)	V (specjalne)	powyżej 3,0

kowania szybowca lub objaśniające przeznaczenie poszczególnych urządzeń kabiny. Także kolory, którymi oznacza się uchwyty tych urządzeń, ustalone są przepisami. Z myślą o warunkach bezpiecznego użytkowania sprzętu, w wyniku badań ergonomicznych, ustalone są też maksymalne wartości sił potrzebnych do sterowania szybowca i obsługi jego urządzeń.

Przepisy definiują też pojęcia stanów atmosfery, a konkretnie podmuchów pionowych, wywołujących powstawanie znacznych obciążeń konstrukcji podczas lotu. Ustalenia dotyczące stanów atmosfery podane są w tablicy 3.

TABLICA 3

STANY ATMOSFERY

Stan atmosfery	Siła podmuchów pionowych m/s	Definicja podmuchów
Atmosfera spokojna	±4	podmuchy słabe
Atmosfera burzliwa	±10	podmuchy zwykłe
Atmosfera bardzo burzliwa	±30	podmuchy silne

OBCIĄŻENIA DZIAŁAJĄCE NA SZYBOWIEC

Obciążenia, jakim poddawana jest konstrukcja szybowca podczas użytkowania, podzielić można na trzy rodzaje, a mianowicie:

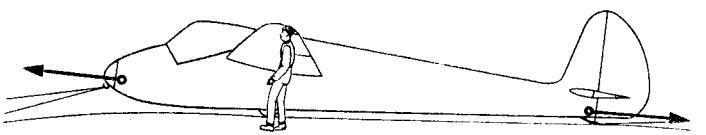
— siły przykładane na ziemi w wyniku obsługi szybowca,
— siły działające podczas startu i lądowania,
— siły działające podczas lotu.

Siły wywierane podczas obsługi. Są to siły występujące podczas manipulowania szybowcem w hangarze, podczas załadowywania na środek transportu, podczas transportowania szybowca, a także montażu i demontażu szybowca.

Wprawdzie konstruktor wskazuje zwykle miejsca, w których można oddziaływać na konstrukcję określonymi siłami, ale w praktyce należy się liczyć z przypadkami tzw. brutalnej obsługi, jakie występują nieraz w pewnych okolicznościach (na przykład po wylądowaniu w terenie przygodnym). Z tego względu każde dowolne miejsce konstrukcji musi spełniać co najmniej warunek odporności na przyłożenie skupionej siły 8 kG.

W miejscach wytypowanych, jak na przykład służących do podpierania lub unoszenia konstrukcji, obciążenia dopuszczalne są odpowiednio większe i wynoszą 60 kG lub więcej.

Siły działające podczas startów i lądowań. Jednym z charakterystycznych przypadków obciążeń są obciążenia kadłuba występujące podczas startu szybowca przy użyciu lin gumowych. Obciążenia wywołane naciągiem gumowych lin startowych działają wzdłuż osi kadłuba z siłą kilkuset kilogramów nie powinny przekroczyć wartości 800 kG. Podobne co do wielkości i kierunku działania obciążenia przodu kadłuba mogą występować od szarpnięć liny holującej szybowiec. Kierunki działania i miejsca przyłożenia sił rozciągających kadłub przy starcie z lin gumowych pokazane są na rysunku 8.

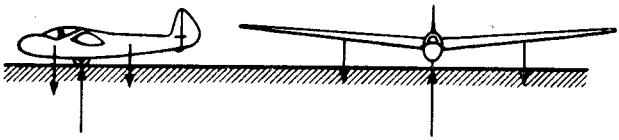


Rys. 8. Rozciąganie kadłuba przy starcie z lin gumowych

Podczas poruszania się szybowca po ziemi w czasie startu lub lądowania występują dynamiczne uderzenia wywołane nierównościami terenu lub błędami pilotażu. Znaczna część występujących tu sił masowych pochłaniana jest przez

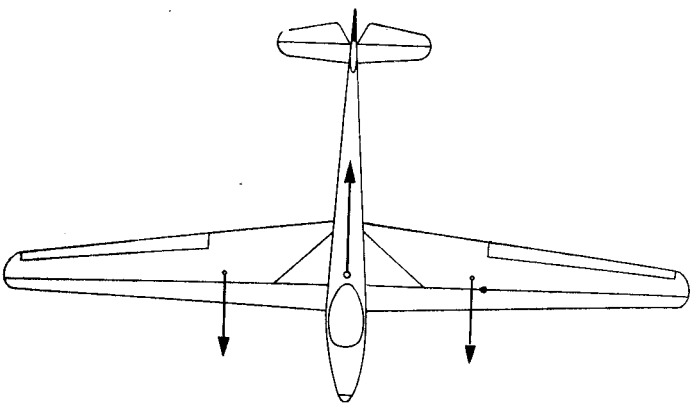
amortyzację podwozia. Kierunki działania sił masowych podczas przepadnięcia szybowca przy lądowaniu pokazane są na rysunku 9.

Podczas lądowania z tzw. przytarciem lub z silnym hamowaniem występują na konstrukcji siły masowe, działające w kierunkach zaznaczonych na rysunku 10. Jeszcze inny, a przy tym bardziej skomplikowany i niebezpieczny dla konstrukcji wypadek przy lądowaniu przedstawiony jest na ry-



Rys. 9. Siły działające na konstrukcję podczas przepadnięcia szybowca

sunku 11. Dotyczy on lądowania „z cyrklem", podczas którego przy znacznej szybkości toczącego się szybowca, jedno ze skrzydeł zaczepia końcem o ziemię, powodując gwałtowny zakręt szybowca. W takim przypadku, gdy płoza ogonowa trze o ziemię, występuje zjawisko zginania kadłuba, a jednocześnie — zwłaszcza w szybowcach z wysoko umiesz-

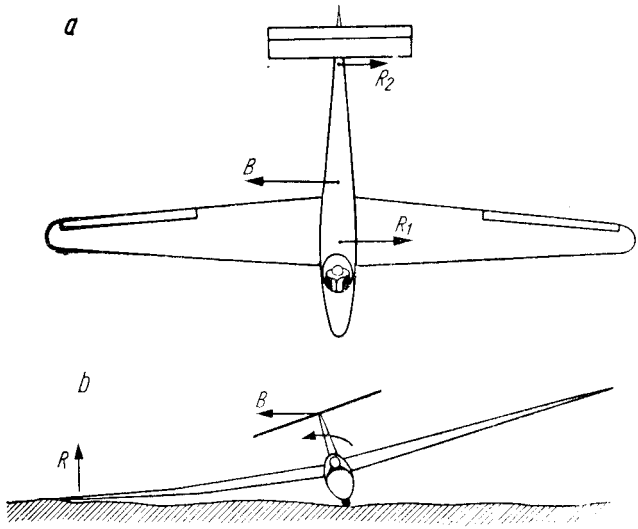


Rys. 10. Siły bezwładności podczas lądowania z przytarciem

czonym usterzeniem wysokości — pojawiają się siły bezwładności obciążające kadłub (skręcające). Podobne objawy obciążeń konstrukcji występują podczas lądowania z trawersem. W obu przypadkach pod wpływem działających sił mogą nastąpić poważne, a jednocześnie trudne do dostrzeżenia, uszkodzenia konstrukcji szybowca.

Siły działające podczas lotu. Rozpatrywaniem sił działających

na szybowiec w locie oraz ich skutków zajmuje się mechanika lotu. Siły działające na szybowiec w locie wywołane są zjawiskami aerodynamicznymi albo pochodzą od źródła ciągu, na przykład od liny holującej samolot lub od wyciągarki. Siły te obciążają konstrukcję momentami zginającymi i skrę-



Rys. 11. Siły działające na konstrukcję podczas lądowania z trawersem
a — zginanie kadłuba, *b* — skręcanie kadłuba

cającymi, wywołując w przekrojach i połączeniach elementów szybowca odpowiednio ściskanie, rozciąganie, ścinanie i towarzyszące im zjawiska pochodne.

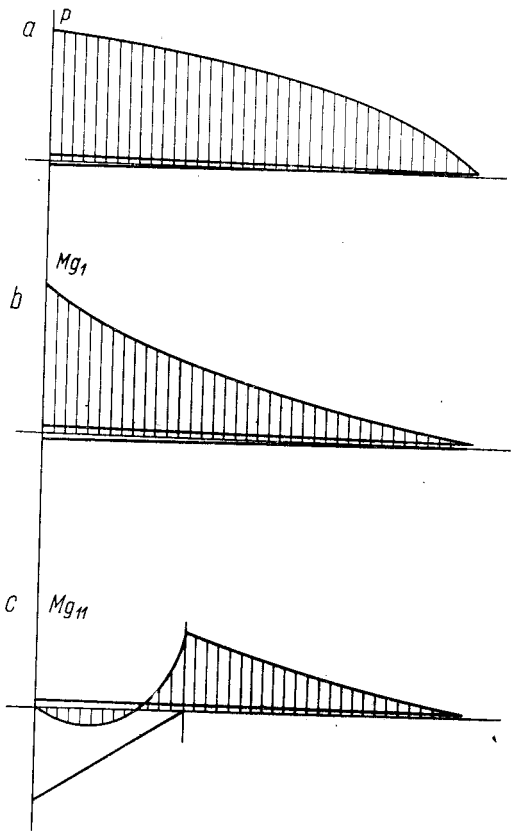
Rzeczywiste rozkłady złożonych nieraz naprężeń są skomplikowane i trudne do wyznaczenia. Źródłami obciążeń w locie są:

— siły aerodynamiczne na skrzydłach i usterzeniach,
— podmuch atmosfery,
— wychylenia steru wysokości,
— wychylenia steru kierunku,
— wychylenia lotek,
— otwieranie hamulców aerodynamicznych,
— wychylenia klap wyporowych,
— ciąg i ciężar liny holowniczej, zwłaszcza wyciągarkowej.

Obciążenia skrzydeł. Jednym z podstawowych stanów obciążeń jest zjawisko zginania skrzydła. Przy eliptycznym rozkładzie sił aerodynamicznych wzdłuż rozpiętości płata skrzydło jest zginane w sposób przedstawiony na rysunku 12*a*.

W warunkach prostego niezakłóconego lotu siła aerodynamiczna P_z równoważy ciężar szybowca w locie. Każde ze skrzydeł wytwarza wtedy połowę siły P_z, która obciąża je wzdłuż rozpiętości momentem gnącym według rozkładu przedstawionego na rysunku 12*b* i *c*. Zginanie skrzydła łatwe jest do zaobserwowania w locie po widocznym lekkim wygięciu końca skrzydła ku górze.

Jeżeli podczas lotu nastąpi przyrost kąta natarcia skrzydła, wywołany wychyleniem steru wysokości do góry lub pionowym podmuchem powietrza, to siła aerodynamiczna P_z gwałtownie wzrośnie, a ugięcie skrzydła odpowiednio zwiększy się (rys. 13). W warunkach tych równowaga $P_z = Q$ zostaje zachwiana, gdyż wtedy $P_z > Q$. Im większy jest przyrost

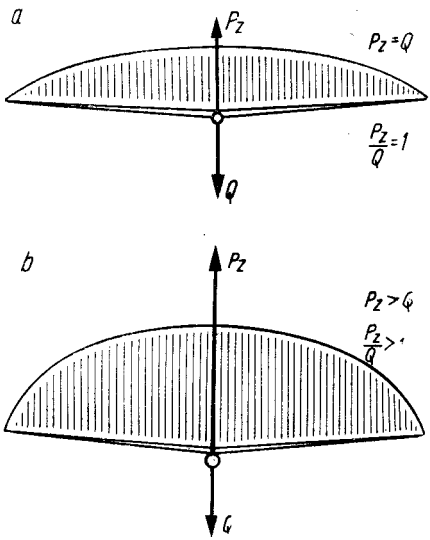


Rys. 12. Obciążenia giętne skrzydła
a — rozkład sił aerodynamicznych wzdłuż rozpiętości, *b* i *c* — momenty gnące skrzydła

siły P_z, tym większe powstają naprężenia w konstrukcji skrzydła. Miarą obciążenia skrzydła jest współczynnik obciążenia n, będący tu stosunkiem siły nośnej do ciężaru szybowca w locie

$$\text{współczynnik obciążenia } n = \frac{Pz}{Q}$$

Podczas lotu odwróconego lub w przypadku ujemnego podmuchu (tzn. z góry na dół) skrzydło jest obciążone w przeciwnym kierunku. Dla takiego przypadku obciążenia współczynnik ma znak ujemny. Szczególnym i charakterystycznym przypadkiem jest obciążenie dopuszczalne, którego współczynnik jest stosunkiem najwyższej dopuszczalnej siły nośnej do ciężaru szybowca w locie



Rys. 13. Zmiany obciążenia skrzydeł wskutek zwiększenia się kąta natarcia
a — stan równowagi między siłą nośną i ciężarem,
b — zakłócenie równowagi wskutek przyrostu siły nośnej

$$n_{dop} = \frac{P_{z\,dop}}{Q}$$

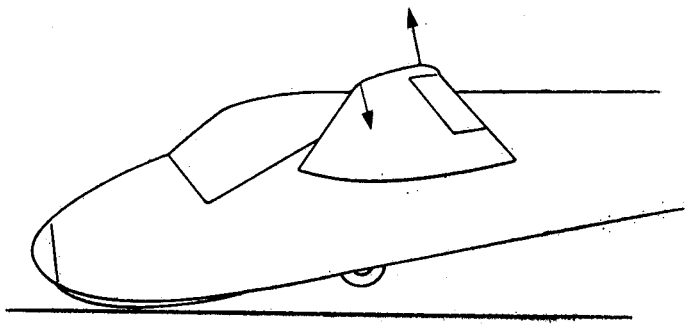
Wartości tego współczynnika ustalone są dla poszczególnych klas szybowców (tabl. 2). Współczynnik obciążenia dopuszczalnego dla przypadku lotu odwróconego jest zwykle o połowę mniejszy, ponieważ w locie odwróconym nie wykonuje się ewolucji obciążających konstrukcję w takim stopniu jak w położeniu „normalnym". Wartości współczynników obciążeń dopuszczalnych podawane są zawsze w instrukcjach użytkowania szybowców.

Z przytoczonych tu względów wprowadzane też są ograniczenia dopuszczalnych prędkości lotu w atmosferze burzli-

wej i bardzo burzliwej (gwałtowne podmuchy mogą spowodować przekroczenie wartości współczynnika obciążenia dopuszczalnego). 2 1

Drugim podstawowym stanem obciążenia skrzydła jest zjawisko skręcania skrzydła występujące w czasie zwiększania prędkości lotu. Przyczyną występowania tego zjawiska są zmiany rozkładu ciśnień na skrzydle, powodujące przesuwanie się środka parcia do tyłu, w miarę zmniejszania kątów natarcia i zmiany jego położenia względem osi skręceń skrzydła. Wywołuje to powstanie momentu skręcającego działającego w kierunku mniejszych kątów natarcia. Na niektórych typach szybowców, mających skrzydła o niezbyt dużej sztywności, zjawisko to można zaobserwować patrząc od przodu na nadlatujący nisko na dużej prędkości szybowiec (rys. 14).

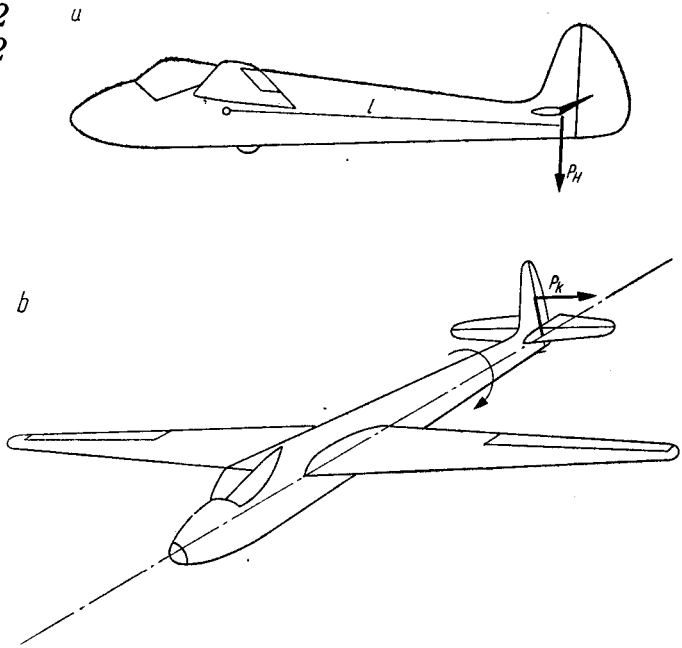
Zarówno niedostateczna sztywność giętna skrzydła, jak i mała sztywność skrętna, są właściwościami niepożądanymi i sprzyjają powstawaniu na skrzydłach samowzbudnych



Rys. 14. Skręcanie skrzydła w locie nurkowym

drgań giętno-skrętnych (tzw. flatteru). Z uwagi na możliwość występowania takich drgań wprowadza się ograniczanie prędkości maksymalnej szybowca.

Do charakterystycznych przypadków obciążeń kadłuba należy zjawisko zginania, występujące pod wpływem sił aerodynamicznych wytwarzanych na usterzeniu wysokości (rys. 15). Kadłub jest silnie zginany podczas startu za wyciągarką przy zastosowaniu przedniego zaczepu. Przypadek taki wyjaśniony jest na rysunku 16. Na konstrukcję szybowca działają wówczas znaczne obciążenia, gdyż siła aerodynamiczna P_z musi równoważyć siły pochodzące od ciężaru szybowca, od liny wyciągarkowej i od usterzenia wysokości. Kadłub zginany jest pod wpływem dwóch równoważących się momentów, z których jeden dąży do opuszczenia przodu kadłuba, drugi natomiast przeciwdziała temu.



Rys. 15. Obciążenia kadłuba od działania usterzeń
a — zginanie kadłuba pod działaniem siły na usterzeniu P_H,
b — skręcanie kadłuba pod działaniem siły na sterze kierunku P_K

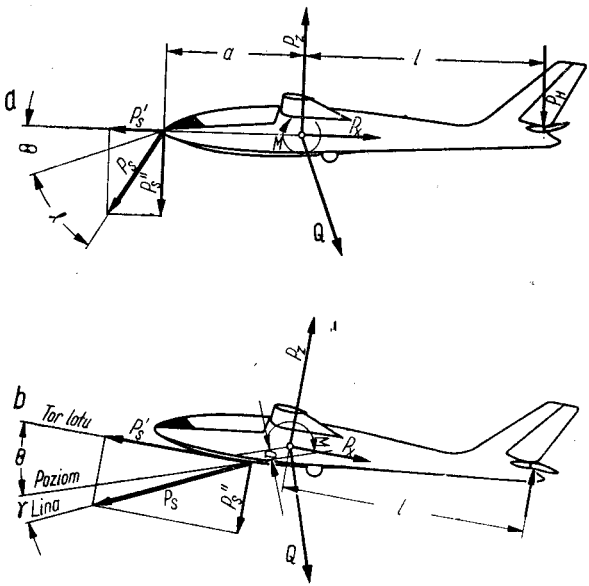
Konstrukcje lotnicze opracowywane są pod względem wytrzymałościowym w ten sposób, aby w dopuszczalnym zakresie ich użytkowania nie występowały w tworzywach naprężenia, powodujące trwałe odkształcenia elementów. W celu zabezpieczenia się przed zniszczeniem konstrukcji w locie, uwzględniany jest w obliczeniach współczynnik bezpieczeństwa (oznaczany grecką literą ν — ni). Wartość tego współczynnika wynosi, zależnie od rodzaju tworzywa, od 1,5 do 1,75. Jeżeli więc został ustalony współczynnik obciążenia dopuszczalnego dla danego typu szybowca, to zniszczenie konstrukcji może nastąpić dopiero po przekroczeniu wartości współczynnika obciążenia niszczącego, który wyznaczany jest zależnością:

$$n_{\text{niszcz}} = n_{\text{dop}} \cdot \nu$$

4/I

PROJEKTOWANIE NOWEGO TYPU SZYBOWCA

Szybowcowe biura konstrukcyjne opracowują nowe konstrukcje przy współdziałaniu z organizacjami uprawiający-



Rys. 16. Siły działające na szybowiec przy starcie za wyciągarką
a — start przy użyciu zaczepu przedniego,
b — start przy użyciu zaczepu dolnego

mi sport szybowcowy lub na zasadzie studiowania tendencji na „rynku", obejmujących tak organizacje, jak i odbiorców indywidualnych.

Do projektowania nowego typu szybowca przystępuje się po ustaleniu pewnych założeń, dla których punktem wyjścia jest ustalenie przeznaczenia szybowca. Obok założeń brane są też pod uwagę sugestie i warunki stawiane przez zamawiającego sprzęt. Na podstawie ustalonego projektu wstępnego powstaje projekt szczegółowy uwzględniający już wymagania przepisów budowy sprzętu szybowcowego.

Po opracowaniu dokumentacji konstrukcyjnej i obliczeniowej rozpoczynana jest budowa prototypu. Prototyp jest najczęściej budowany w dwóch egzemplarzach. Jeżeli rozwiązania konstrukcyjne nowego szybowca mają charakter konwencjonalny, to do prób wytrzymałościowych wytypowane są tylko niektóre odpowiedzialne fragmenty konstrukcji, jeżeli jednak zastosowano na przykład nowe tworzywa, nowe metody obliczeń lub zupełnie nowatorskie koncepcje, to wymagane jest zwykle wykonanie integralnej próby wytrzymałościowej całych zespołów głównych, takich jak skrzydła z fragmentem kadłuba. Pociąga to za sobą konieczność dodatkowego budowania odpowiednich zespołów szybowca.

2 W trakcie prób wytrzymałościowych badane jest zachowa-
4 nie się konstrukcji w zakresie obciążeń dopuszczalnych, a ostatecznie, po uzyskaniu potrzebnych danych, przeprowadza się niszczącą próbę wytrzymałościową.

Na podstawie obliczeń potwierdzonych wynikami prób wytrzymałościowych państwowy organ nadzoru lotniczego uznaje zgodność własności konstrukcji z wymaganiami odpowiednich przepisów, co stanowi podstawę dopuszczenia prototypu do prób fabrycznych.

Pierwsze próby dotyczą sprawdzenia geometrii szybowca, ciężaru i położenia środka ciężkości, a także sztywności napędów oraz działania mechanizmów podwozia, klap, hamulców aerodynamicznych itp. Teraz następuje oblot wstępny szybowca, a następnie realizowany jest program prób fabrycznych w locie. Ewentualne zmiany konstrukcyjne, wynikłe w następstwie prowadzonych prób, wykonywane są niezwłocznie na drugim egzemplarzu prototypowym, podczas gdy pierwszy może realizować dalsze punkty programu prób.

Po doprowadzeniu prototypu do stanu, który odpowiada wymaganiom przepisów (także pod względem własności pilotażowych i lotnych), szybowiec poddawany jest próbie państwowej, zakończonej wystawieniem świadectwa typu oraz orzeczenia, zawierającego charakterystykę szybowca oraz dane o jego sprawności technicznej.

Przed uruchomieniem produkcji seryjnej praktykuje się wypuszczanie krótkiej serii informacyjnej, która umożliwia poddanie nowych szybowców próbie eksploatacyjnej.

Każdy seryjny egzemplarz szybowca poddawany jest po ukończeniu budowy określonym programem próbom w locie. Rozszerzonym próbom poddaje się jeden szybowiec z każdej serii, a w określonych odstępach czasu wykonywane są, w uzgodnieniu z organem nadzoru, tzw. okresowe próby kontrolne na wybranym egzemplarzu sprzętu.

Podczas użytkowania szybowców ujawniają się pewne typowe usterki wymagające wprowadzania zmian. Zmiany takie wprowadzane są za pomocą biuletynów opracowywanych przez wytwórcę szybowca.

MATERIAŁY I TECHNOLOGIA

1/II

OGÓLNE WIADOMOŚCI O MATERIAŁACH

Do budowy szybowców stosowane są tylko materiały o jakości sprawdzonej na podstawie wymagań i postanowień odpowiednich warunków technicznych. W tym celu z materiałów tych pobierane są próbki, kierowane do laboratoriów wytrzymałościowych i analitycznych. Instytucje te wystawiają odpowiednie orzeczenia, będące podstawą do cechowania materiałów za pomocą odbicia stempli, barwienia, przywieszek lub świadectw materiałowych.

Zależnie od rodzaju i jakości, badane materiały mogą być podzielone na różne kategorie wytrzymałościowe lub jakościowe. Okres ważności orzeczenia o przydatności niektórych materiałów (np. klejów i lakierów) może być ograniczony.

Materiały sklasyfikowane jako lotnicze powinny być przechowywane w warunkach określonych odpowiednimi przepisami lub instrukcjami składowania. W następstwie niespełniania obowiązujących wymagań materiały lotnicze mogą stracić świadectwa jakości.

2/II

DREWNO

Do niedawna drewno było głównym materiałem służącym do budowy szybowców. Obecnie w dalszym ciągu zaliczane jest ono do materiałów podstawowych, jednak straciło swój prymat, w wyniku coraz szerszego stosowania nowych tworzyw, takich jak laminaty z włókna szklanego oraz z włókna węglowego i innych.

W naszych warunkach do budowy szybowców stosuje się głównie drewno sosnowe, brzozowe i jesionowe. Z drewna sosnowego wykonywane są główne elementy i zespoły konstrukcji, brzoza służy do wyrobu wodoodpornych sklejek lotniczych, natomiast z jesionu wykonuje się podkładki pod silnie obciążone okucia oraz płozy. Drewno świerkowe, wykorzystywane w dawnych konstrukcjach na mniej obciążo-

2 ne elementy, nie jest już obecnie stosowane, podobnie jak
6 i drewno lipowe, służące dawniej do wykonywania drobnych przejść aerodynamicznych i oprofilowań. Zachowała się jedynie częściowo balsa, służąca jako wypełniacz przy niektórych pokryciach laminatowych.

Drewno lotnicze powinno odpowiadać wymaganiom odnoszącym się do jego budowy i wyglądu oraz do własności fizyczno-mechanicznych. Wymagania te, zróżnicowane dla poszczególnych gatunków drewna, dzielą poszczególne gatunki drewna na kategorie. Wymagania dotyczące własności fizyczno-mechanicznych drewna sosnowego i jesionowego przedstawione są w tablicy 4.

Odnośnie wyglądu drewna wymaga się, aby miało naturalne zabarwienie, proste i regularnie rozłożone wyraźne słoje, a także odpowiednią gęstość słojów. Niedopuszczalne są ślady żywicy, zawoje, zanikające lub faliste słoje oraz skręt

TABLICA 4

WŁASNOŚCI FIZYCZNO-MECHANICZNE DREWNA LOTNICZEGO

Gatunek	Kategoria	Ciężar właściwy G/cm^3	Wilgotność %	Wytrzymałość na ściskanie kG/cm^2	Wytrzymałość na udarność kGm/cm^2	Zastosowanie
Drewno sosnowe	I	0,46	8÷10	400	0,40	pasy dźwigarowe, podłużnice-wręgi, żebra
	II	0,42	8÷10	350	0,30	
	S	0,46	8÷10	480	0,45	pasy dźwigarowe
Drewno jesionowe	I	0,60	8÷10	450	0,50	płozy
	II	0,55	8÷10	400	0,40	klocki

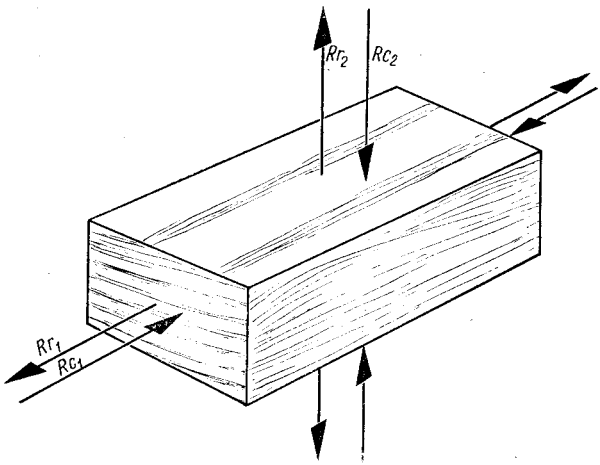
włókien. W przypadku drewna sosnowego do budowy szybowców zużywane jest tylko drewno bielaste i młoda twardziel, odznaczająca się lekko brązowym zabarwieniem, natomiast rdzeń i twardziel są odrzucane. Kłopotliwym procesem w przystosowaniu drewna do obróbki jest jego sezonowanie. Polega ono na odpowiednim składowaniu desek w stosach ustawianych w przewidzianych miejscach, zapewniających spadek wilgotności drewna do 30÷25%.

Sezonowanie naturalne wymaga okresu wielu miesięcy, sztuczne natomiast wymaga odpowiednich urządzeń oraz dużego doświadczenia. Przed oddaniem do produkcji drewno powinno mieć wilgotność nie większą niż 8÷10%. Zbyt duża wilgotność powoduje powstawanie skurczów wymiarowych, pęknięć oraz deformacji, a także utrudnia proces klejenia.

Drewno, w przeciwieństwie do metali i innych tworzyw, od-

znacza się niejednorodną budową, stąd też w różnych kierunkach wykazuje różne własności tak wytrzymałościowe (anizotropia), jak i skurczowe. Największą wytrzymałość ma drewno wzdłuż kierunku wzrostu, najmniejsze natomiast — prostopadle do słojów (rys. 17).

Charakterystyczną właściwością drewna jest to, że odznacza się ono dwukrotnie większą wytrzymałością na rozciąganie niż na ściskanie. Podczas prób klasyfikacyjnych tarcicy lotniczej pobierane są próbki z każdej deski. Próbki te



Rys. 17. Kierunki badania własności wytrzymałościowych drewna

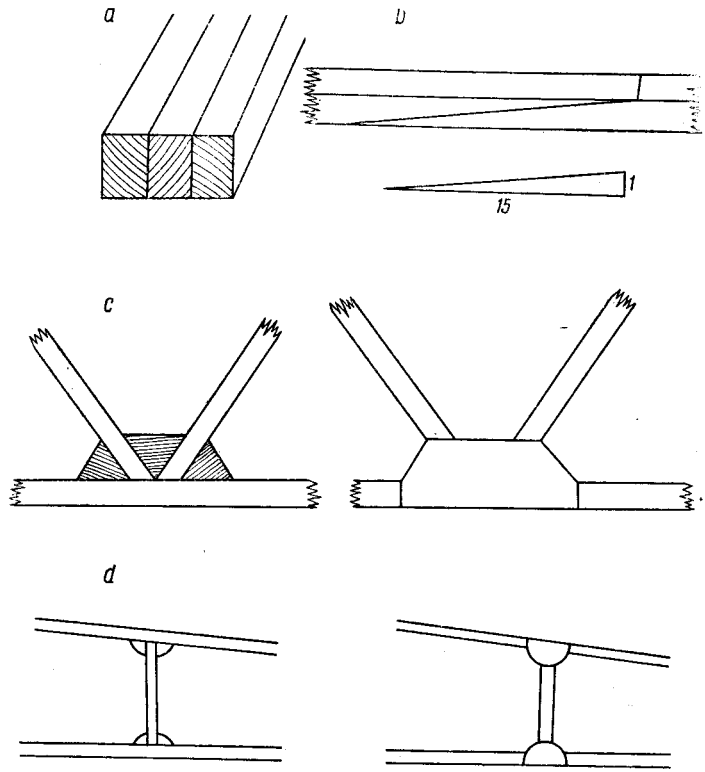
wykorzystuje się do określenia wilgotności drewna, ciężaru właściwego, wytrzymałości na ściskanie i udarności. Pomierzone wyniki sprowadza się obliczeniowo do wilgotności drewna równej 0 lub 15%.

Na rysunku 18 pokazano podstawowe zasady łączenia drewna. Rysunek 18*a* przedstawia blok sklejony z kilku listew, w którym słoje widoczne na przekroju poprzecznym układają się w charakterystyczną „jodełkę". Układ taki zapewnia poprawność klejenia i dobrą stabilność kształtu. Rysunek 18*b* wyjaśnia zasadę wzdłużnego łączenia listew; w celu zwiększenia powierzchni połączenia stosuje się ukosowanie powierzchni klejonych przy zachowaniu stosunku 1 : 15 lub 1 : 20.

Rysunki 18*c, d,* wyjaśniają sposoby wykonywania połączeń węzłowych w układach kratownicowych i żeberkach. Pręty tworzące węzeł oklejane są klockami, a całość pokryta jest obustronnie sklejką. Połączenia takie są charakterystyczne dla budowanych dawniej kadłubów kratownicowych; obec-

2 nie spotyka się je rzadko. Węzły, stosowane w budowie że-
8 ber, pozbawione są najczęściej klocków i wykonane są tylko za pomocą okładzin sklejkowych.

W przeciwieństwie do sosny od drewna jesionowego wymaga się grubych, a więc rzadkich słojów, z którymi w parze

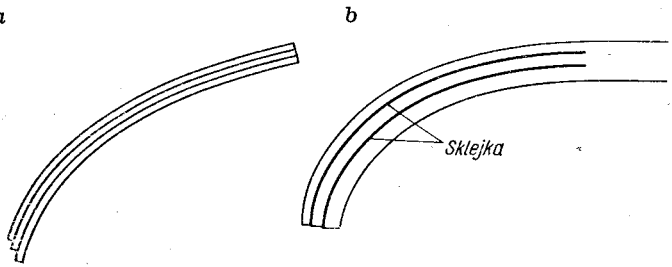


Rys. 18. Podstawowe sposoby łączenia drewna w konstrukcji szybowca

występuje dobra elastyczność tego drewna. Drewno jesionowe stosowane jest, w bardzo małych ilościach, w postaci przekładek warstwowych w pasach dźwigarów przy nasadzie skrzydła oraz na podkładki pod okucia (gdy na drewno jest wywierany duży nacisk). Niekiedy z drewna jesionowego wyrabiane są płozy, które stosowane są w szybowcach coraz rzadziej.

Drewno sosnowe można formować jedynie na zimno, natomiast w przypadku jesionu istnieje możliwość formowania elementów (np. płóz) po wyparzeniu drewna w gorącej wodzie. Formowanie drewna sosnowego polega na sklejeniu w

odpowiednim przyrządzie cienkich, a więc giętkich listewek (rys. 19*a*). Tą metodą wykonywane są owalne lub okrągłe wręgi kadłubowe. Jeżeli łuk ma być wykonany na końcu listwy, to istnieje możliwość postępowania w sposób przed-

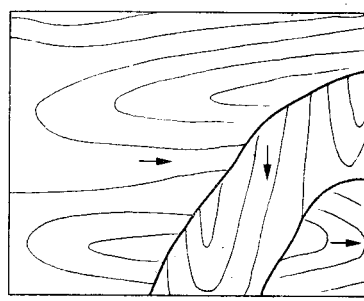


Rys. 19. Wykonywanie łuków z listew sosnowych

stawiony na rysunku 19*b*. Na długości odpowiadającej przyszłemu łukowi listwę nacina się równolegle (i kilkakrotnie), osadzając za pomocą kleju w powstałych w ten sposób szczelinach paski ze sklejki. Krzywiznę uzyskuje się przez włożenie obrabianego elementu do odpowiedniego przyrządu montażowego.

SKLEJKI

Sklejki lotnicze powstają przez sklejenie nieparzystej liczby oklein (warstw), wytwarzanych przez obtaczanie bali drewna na specjalnych strugarkach. Okleiny układane są w arkuszu kolejno w ten sposób, aby kierunki ich słojów krzyżowały się ze sobą pod kątem 90° (rys. 20). Stąd kierunki słojów w okleinach zewnętrznych arkusza są zawsze do siebie równoległe i dlatego sklejka odznacza się większą wytrzy-



Rys. 20. Budowa trzywarstwowego arkusza sklejki

30 małością w kierunku słojów oklein zewnętrznych. Jest to często odpowiednio wykorzystywane przez konstruktorów. Z tego też względu konieczne jest ścisłe stosowanie się do wskazówek zawartych w dokumentacji rysunkowej, a dotyczących odpowiedniego układania sklejek na konstrukcji szybowca.

Sklejki klejone są klejami wodoodpornymi z żywic syntetycznych na gorąco, pod ciśnieniem. Najczęściej kleje te dostarczane są do wytwórni sklejek w postaci cienkich błon (klej natryśnięty na cienki papier i zaschnięty), które podczas klejenia arkusza umieszcza się między poszczególnymi okleinami. Pod wpływem wysokiej temperatury i wysokiego ciśnienia znajdująca się na błonach żywica wtapia się we włókna oklein i łączy je ze sobą.

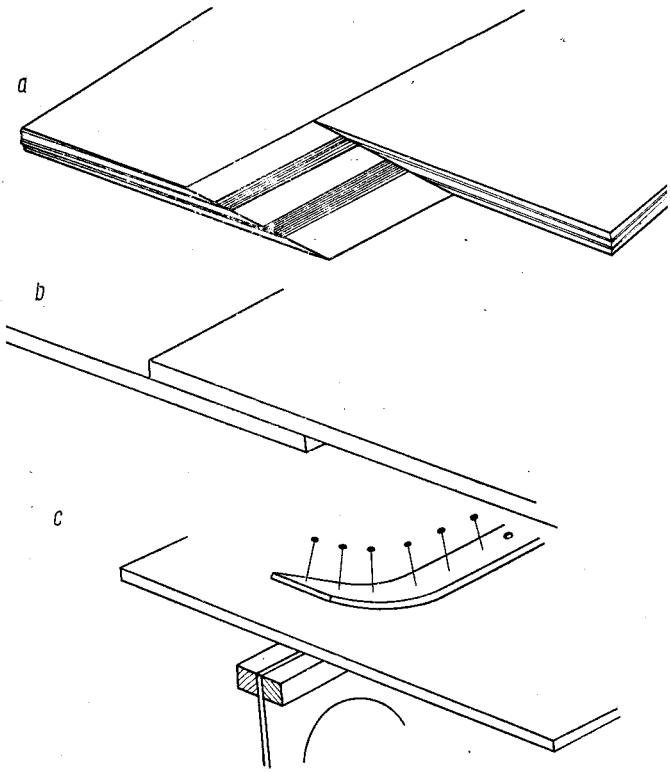
W konstrukcjach szybowcowych stosowane są sklejki od grubości 0,4 mm do grubości 4 mm. Najwięcej zużywa się sklejki o grubości od 1,0 do 2,0 mm, głównie na pokrycie kadłubów i skrzydeł.

Sklejki lotnicze podzielone są na dwie kategorie. Arkusze kategorii I nie mogą wykazywać żadnych wad drewna i klejeń w warstwach wewnętrznych i zewnętrznych. Arkusze kategorii II mają wady, których ilość i rozmieszczenie określane są w warunkach technicznych. Zazwyczaj około 50% powierzchni arkusza sklejki kategorii II odpowiada wymaganiom kategorii I i te kawałki sklejki mogą być stosowane w miejscach wymagających pokrycia sklejką kategorii I.

Obróbka sklejek polega na łączeniu arkuszy ze sobą lub z drewnianym szkieletem konstrukcji oraz na gięciu sklejek. Podczas łączenia arkuszy stosuje się ukosowanie powierzchni spoin, podobnie jak to wymagane jest przy wzdłużnym łączeniu listew (rys. 21*a*). Możliwe jest także łączenie sklejek metodą „na zakładkę" (rys. 21*b*), jednak z uwagi na uzyskiwane tu nieciągłości powierzchni nie jest ono stosowane w budowie szybowców.

Do zapewnienia poprawności sklejenia konieczne jest wywieranie na spoinę odpowiedniego docisku. Jeżeli arkusze łączone są na konstrukcji szybowca, to spoiny klejowe muszą przebiegać wzdłuż żeber skrzydłowych lub wzdłuż podłużnic i wręg kadłuba, gdyż w ten sposób można zapewnić względnie sztywne podparcie spoiny. Docisk może być wywierany za pomocą szczypiec, zwornic warsztatowych lub elastycznych taśm, które w stanie naprężonym przykłada się wzdłuż spoiny. W sytuacji przedstawionej na rysunku 21*c* stosuje się często wywieranie docisku za pomocą pasków sklejkowych lub sosnowych, przybijanych cienkimi gwoździkami do szkieletu konstrukcji.

W przypadku gięcia sklejek po krzywiznach o dużym promieniu wystarcza zwykle sprężyste przygięcie sklejki do obrysu szkieletu, jeżeli jednak promień krzywizny jest mały, to trzeba wstępnie uformować sklejkę na mokro. W tym celu poddaje się arkusz sklejki moczeniu we wrzącej wodzie lub w parze wodnej, a bezpośrednio po tym zabiegu układa się go na drewnianym foremniku o odpowiednim kształcie. 3 1



Rys. 21. Połączenia sklejek
a — z ukosowaniem, *b* — na zakładkę, *c* — łączenie sklejki pokrycia z konstrukcją drewnianą

Przymocowana do foremnika sklejka pozostaje na nim aż do wyschnięcia, po czym może być przyklejana do konstrukcji drewnianej.

Poprzez odpowiednie ulepszanie materiału drzewnego oraz przez umiejętne wyzyskanie jego właściwości w konstrukcji, można otrzymać bardzo odpowiedzialne części konstrukcji, o wysokich właściwościach użytkowych. Ze względu na biologiczne pochodzenie drewna i jego higroskopijność wy-

magane jest dokładne i skuteczne zabezpieczanie jego powierzchni przed wpływem czynników atmosferycznych i eksploatacyjnych.

4/II

KLEJE

Do łączenia części szybowców stosuje się kleje do drewna, kleje do laminatów, kleje do tkanin pokryciowych oraz kleje uniwersalne, stosowane dla celów drugorzędnych.

Klej lotniczy powinien mieć odpowiednią wytrzymałość, odporność na zmienne oddziaływanie czynników zewnętrznych (temperatura, wilgotność, ciecze itp.), odporność na obciążenia zmienne oraz długą trwałość. Nie pozostają także bez znaczenia takie własności, jak łatwość uzyskania kleju, niska cena, łatwość posługiwania się klejem, długi czas zdatności przygotowanej porcji kleju oraz tolerancyjność na wartości docisków i na warunki klimatyczne w pracowni.

Z każdej serii kleju, a często z każdego opakowania, pobierane są próbki kleju, które poddaje się próbom wytrzymałościowym, mającym na celu sprawdzenie, czy klej odpowiada wymaganiom określonym w warunkach technicznych. Przykłady typowych prób wytrzymałościowych przedstawione są na rysunku 22. Od klejów przeznaczonych do łączenia drewna i sklejek wymagana jest wytrzymałość na ścinanie spoiny około 100 kG/cm^2.

Klejenie odbywa się przeważnie na zimno, choć większość obecnych klejów nadaje się do klejenia na gorąco, co skraca wydatnie czas wiązania kleju.

Do zapewnienia dobrego związania kleju, obok dobrej jakości samego kleju, konieczne jest odpowiednie przygotowanie powierzchni sklejanych. Polega ono na dopasowaniu łączonych powierzchni i usunięciu zanieczyszczeń, śladów tłuszczów i śladów wcześniej stosowanych innych gatunków klejów. Najczęściej powierzchnie przeciera się papierem ściernym, a następnie dokładnie odkurza.

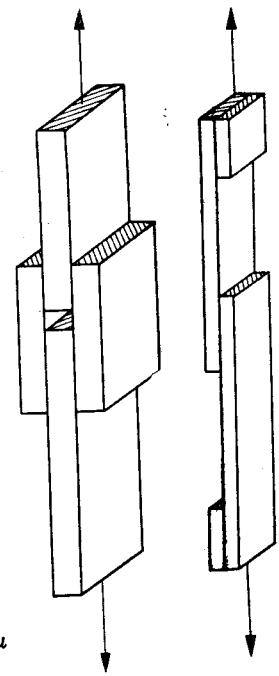
Ważne jest także zapewnienie spoinie odpowiednio wysokiego docisku, którego wartość, zależnie od rodzaju kleju, wynosi od 0,8 do 4,0 kG/cm^2. Czasy stosowania docisków wynoszą przy klejeniu na zimno od 6 do 24 godzin. Po zdjęciu zacisków wymagane jest sezonowanie, polegające na wstrzymaniu się od dalszej obróbki przez okres równy zwykle podwójnemu czasowi trzymania w zaciskach. Zabieg ten umożliwia prawidłowe, praktycznie całkowite dotwardzenie spoiny, a więc uzyskanie pełnej wytrzymałości.

Warunki klimatyzacyjne w pracowni powinny zapewniać

utrzymanie co najmniej temperatury 16÷20°C (zależnie od gatunku kleju) oraz wilgotności względnej powietrza 50÷÷75%. 3 3

Obecnie znajdują się w zastosowaniu wyłącznie kleje syntetyczne z żywic sztucznych, w użytkowaniu jednak znajdują się jeszcze szybowce budowane przy użyciu organicznego kleju kazeinowego.

Klej kazeinowy. Klej kazeinowy, znany u nas pod nazwą handlową Certus, stosowany był przez wiele lat do produkcji drewnianego sprzętu lotniczego. Głównym składnikiem



Rys. 22. Próbki kleju na ścinanie

tego kleju jest kazeina, będąca produktem wywodzącym się z mleka krowiego. Klej dostarczany był w postaci jasnokremowego proszku, który bezpośrednio przed użyciem rozpuszczany był w wodzie i w postaci średnio gęstej cieczy mógł być następnie stosowany w przeciągu kilku godzin. Klej nanoszony był na odczyszczone i lekko przetarte papierem ściernym obie sklejane powierzchnie.

Zaletą kleju Certus było dobre wiązanie, duża tolerancyjność na niedokładności w przygotowaniu sklejanych powierzchni (dobre przyleganie) i w stosunku do warunków klimatycznych w pracowni, a także brak składników szkodliwych dla zdrowia oraz łatwość przyrządzania kleju.

3 Poważną jednak wadą, która w dużej mierze przesądziła
4 o jego wycofaniu, był brak odporności na oddziaływanie wilgoci i pleśni. W związku z wycofaniem kleju kazeinowego znajdujące się w użytkowaniu szybowce, które budowane były przy użyciu tego kleju, naprawiane są obecnie przy użyciu kleju rezorcynowego AR.

Klej rezorcynowy AR. Jest to dwuskładnikowy klej składający się z żywicy rezorcynowej AR oraz utwardzacza. Żywica, o brunatnej barwie, dostarczana jest w postaci ciekłej, a utwardzacz — w postaci proszku. Składniki łączy się ze sobą w odpowiednich proporcjach bezpośrednio przed użyciem kleju (przez wsypywanie utwardzacza do ciekłej żywicy). Tak przygotowany klej zdatny jest do użytku przez okres 2÷4 godzin, zależnie od temperatury w pomieszczeniu. Klej rezorcynowy nakładany jest na obie powierzchnie klejone. Odczyn kleju jest obojętny, w związku z czym nadaje się on do wykonywania napraw konstrukcji klejonej uprzednio klejem kazeinowym. Do zalet tego kleju zalicza się odporność na działanie wilgoci, drobnoustrojów i kwasów oraz znaczną tolerancyjność w odniesieniu do samej technologii klejenia.

Czas przetrzymywania w zaciskach klejonych elementów zależy od temperatury otoczenia i dla warunków normalnych wynosi około 24 godzin. W podwyższonych temperaturach otoczenia lub przy zastosowaniu podgrzewania promiennikami podczerwieni czas ten może być wydatnie skrócony.

Klej jest w pewnym stopniu szkodliwy dla zdrowia, zwłaszcza w przypadku skaleczeń lub zatarcia oka.

Klej fenolowo-formaldehydowy AG. Jest to także dwuskładnikowy klej składający się z ciekłej żywicy AG o barwie słomkowo-brunatnej oraz z płynnego utwardzacza KBS, będącego silnym kwasem. Oba czynniki łączone są ze sobą w odpowiednich proporcjach bezpośrednio przed klejeniem. Czas przydatności gotowej kompozycji jest jednak bardzo krótki i zależnie od serii kleju (produkcja krajowa) wynosi od kilkunastu do kilkudziesięciu minut.

Zaletą kleju AG jest jego całkowita odporność na działanie wilgoci. Jest on jednak trudny w przyrządzaniu, a uzyskanie dobrego połączenia wymaga bardzo ścisłego przestrzegania ustalonych warunków. Stąd też klej ten zaliczany jest do klejów trudnych pod względem technologicznym. Ponadto znajdujący się w kleju fenol jest szkodliwy dla zdrowia, co wymaga przestrzegania odpowiednich przepisów bhp.

Klej może być stosowany w podwyższonych temperaturach i na gorąco, przez co skrócony zostaje czas trzymania elementów w zaciskach.

Klej mocznikowo-formaldehydowy Aerolite 306. Jest to dwu- 3
składnikowy klej importowany, składający się ze sproszko- 5
wanej żywicy oraz ciekłego utwardzacza. Bezpośrednio przed przystąpieniem do pracy sproszkowaną żywicę miesza się z wodą. Powstała w ten sposób masa klejowa zdatna jest do użytkowania w przeciągu kilku dni.

W przeciwieństwie do poprzednich klejów żywicznych w przypadku omawianym nie miesza się utwardzacza z żywicą, lecz zwilża się nim obficie jedną z powierzchni klejonych. Na drugą powierzchnię nanosi się masę klejową. Zależnie od potrzeby stosowane mogą być trzy odmiany utwardzaczy: wolnowiążący, średniowiążący i szybkowiążący. Każdy z nich jest dla odróżnienia inaczej barwiony.

Siły docisku wywieranego na spoinę są podobne jak dla klejów omówionych poprzednio i wynoszą od 0,5 do 4,0 kG/cm^2, natomiast czasy trwania docisku są w stosunku do poprzednich klejów nieco krótsze, gdyż przy zastosowaniu utwardzacza średnio wiążącego w temperaturze 21°C czas docisku może wynosić tylko 3 godziny.

Omawiany tu klej odznacza się odpornością na działanie wody i wysoką wytrzymałością. Podczas klejenia wymagane jest stosowanie odzieży ochronnej i rękawic, a pomieszczenie powinno być w umiarkowany sposób wietrzone (bez przeciągów).

Klej epoksydowy Epidian 57. Jest to dwuskładnikowy klej produkcji krajowej. Żywica Epidian 57 dostarczana jest w postaci brązowej cieczy i bezpośrednio przed użyciem wymaga wymieszania w odpowiednich proporcjach z utwardzaczem Z-1. Utwardzacz, także w postaci ciekłej, ma barwę żółtawozieloną i daje odczyn alkaliczny o działaniu żrącym. Przygotowana do użycia kompozycja zdatna jest do pracy przez okres kilkudziesięciu minut. Klej nanoszony jest na obie powierzchnie klejone. Siły i czasy trwania docisku są podobne jak dla poprzednio omawianych klejów. Klejem Epidian 57 można łączyć elementy drewniane, laminaty, a także odpowiednio przygotowane powierzchnie metali. Spoiny kleju są odporne na działanie wilgoci.

Omawiane tu kleje syntetyczne z żywic sztucznych mają wiele wspólnych cech i stosuje się przy nich zbliżone technologie. Zarówno żywice, jak i utwardzacze powinny być przechowywane w naczyniach ceramicznych, aby nie miały kontaktu z metalami. Niektóre z żywic są łatwopalne, a podczas łączenia z utwardzaczami występują dość silne reakcje egzotermiczne (w celu przedłużenia czasu używalności przygotowanych porcji kleju zaleca się trzymanie naczyń z klejem zanurzonych w większym naczyniu z zimną wodą). Kleje (żywice i utwardzacze) mają działanie toksyczne i dlatego

3 wymagane jest zachowanie specjalnej ostrożności podczas
6 pracy.

Klej fenolowy modyfikowany BWF 21. Jest to jednoskładnikowy klej stosowany jako klej pomocniczy przy łączeniu za pomocą klejenia elementów metalowych z konstrukcją drewnianą lub z innymi częściami metalowymi. Klej jest mieszaniną żywicy fenolowoformaldehydowej z żywicą poliwinylobutarylową. Aby uniknąć zjawiska korozji metali, w kleju tym nie stosuje się utwardzacza, a utwardzanie kleju uzyskiwane jest przez wygrzewanie warstwy kleju w wysokich temperaturach.

Przy klejeniu metalu z drewnem klej BWF 21 nanoszony jest na oczyszczoną gładką powierzchnię metalu. Po przeschnięciu naniesionej masy klejowej czynność tę powtarza się, a następnie powierzchnię z naniesionym klejem poddaje się suszeniu w ciągu 3—4 godzin przy stopniowym zwiększaniu temperatury do 150°C. Tak przygotowana powierzchnia może być następnie łączona z drewnem za pomocą kleju AG.

Klej BWF 21 jest łatwopalny, a podgrzewanie naniesionych warstw powinno być wykonywane w piecach elektrycznych, które zapewniają dokładną kontrolę temperatury. Ze względu na dobrą przyczepność polarną możliwe jest łączenie za pomocą tego kleju dwóch metali, przy czym wymagana jest bardzo duża dokładność przygotowania ich powierzchni stykowych.

Za pomocą kleju BWF 21 wykonywane są jedynie tzw. klejenia technologiczne, to znaczy pomocnicze, a na przykład w przypadku łączenia okucia z drewnem niezależnie od klejenia wymagane jest zastosowanie sworzni śrubowych lub nitów.

5/II

LAMINATY

Laminaty są to powłoki warstwowe z żywic poliestrowych i epoksydowych wzmocnionych włóknem szklanym. Włókno szklane stosowane jest w nich w postaci tkanin oraz pasm, zwanych rowingami.

O zastosowaniu laminatów w konstrukcjach szybowcowych zadecydowały następujące właściwości laminatów:

— wysoka wytrzymałość,
— odporność na działanie czynników zewnętrznych,
— zdolność zachowania uformowanego przy wytwarzaniu kształtu,

— możliwość wiernego odwzorowania kształtów z foremnika,
— uzyskiwanie idealnie gładkich powierzchni zewnętrznych powłok,
— mniejsza pracochłonność w porównaniu z innymi metodami wytwarzania,
— stosunkowo prosta konstrukcja i technologia szybowców z laminatów.

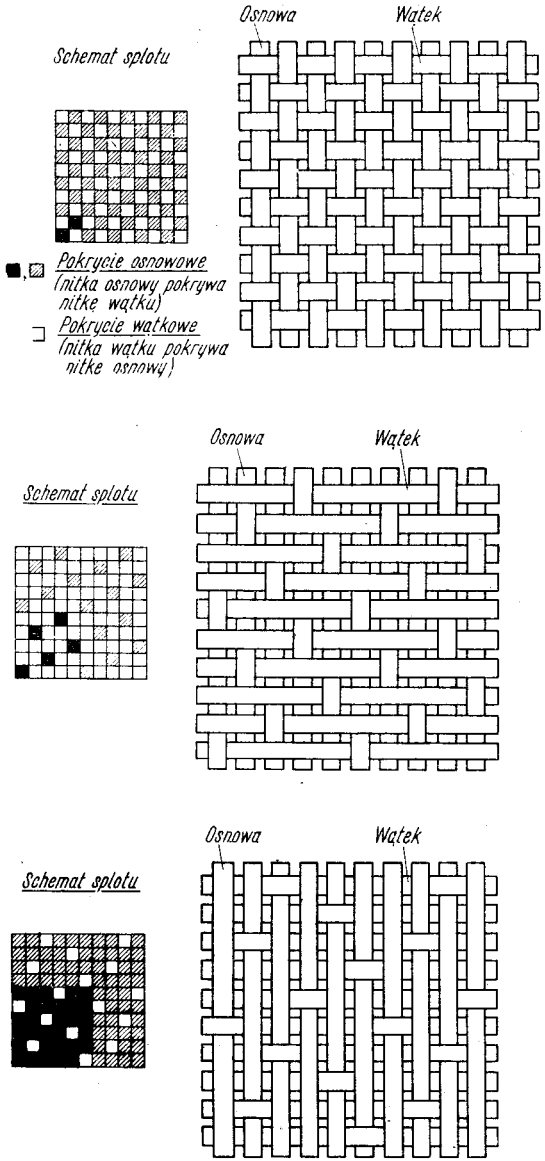
Do wytwarzania zespołów szybowców laminatowych stosowane są specjalne, najczęściej wklęsłe, foremniki, w których układa się i kolejno przesyca żywicą warstwy tkanin z włókna szklanego, nadając im przy tym wymagany kształt. Z chwilą stwardnienia żywic sztywne już elementy wyjmowane są z foremników i kierowane do dalszej obróbki. Strona licowa elementów, która podczas wytwarzania przylegała do foremników, odznacza się dużą gładkością. Do wytwarzania laminatów niezbędne są następujące składniki:
— tkaniny z włókna szklanego o różnych rodzajach splotów i różnych gramaturach (ciężarach jednostkowych),
— rowing szklany w postaci podłużnych pasm, składających się z bardzo cienkich nitek,
— żywice epoksydowe, rzadziej poliestrowe, do przesycania tkanin i rowingu oraz do łączenia oddzielnie wykonanych części ze sobą,
— utwardzacze do tych żywic, mieszane z żywicami bezpośrednio przed procesem laminowania,
— tworzywa przekładkowe stosowane do usztywniania powłok, które wlaminowuje się między warstwy tkanin (są to sztuczne tworzywa spienione lub tworzywa o budowie ulowej),
— wypełniacze do żywic stosowanych do klejenia, zwłaszcza przy niezbyt dokładnym spasowaniu powierzchni lub przy połączeniu z pogrubioną spoiną (drobno cięty rowing, płatki bawełniane, mikrobalon lub krzemionka koloidalna zapobiegająca wyciekaniu żywicy ze spoin).

Tkaniny wytwarzane są o różnych splotach odpowiednio ukierunkowanych i mają właściwość formowania się na skomplikowanych pod względem kształtu foremnikach. Grubość i wytrzymałość laminatu zależy przede wszystkim od rodzaju i liczby nałożonych tkanin. Przykłady splotów tkanin z włókna szklanego pokazane są na rysunku 23. Do budowy szybowców stosowane są tkaniny pochodzenia krajowego i zagranicznego oraz rowing produkcji krajowej.

Pasma rowingu stosuje się w miejscach wymagających pogrubienia przekroju (np. krawędzie elementów, wykrojów),

a głównie do przenoszenia większych obciążeń liniowych (pasy dźwigarów, podłużnice).

Początkowo w budowie szybowców stosowano laminaty niewytrzymałościowe, z których wykonywane były kołpaki



Rys. 23. Przykłady splotów tkanin z włókna szklanego

przodu kadłuba, różne osłony, przejścia aerodynamiczne itp. Stosowano do tego celu żywice poliestrowe (Polimal 109) oraz epoksydowe (Epidian 5). Obecnie wytwarzane są z laminatów całe konstrukcje, przy czym stosuje się głównie żywice epoksydowe produkcji krajowej i zagranicznej.

Żywica epoksydowa Epidian 52. Jest to żywica pochodzenia krajowego powstała na bazie żywicy Epidian 5. Stosowana jest ona wraz z utwardzaczem Z-1. Oba składniki dostarczane są w stanie ciekłym, a łączy się je bezpośrednio przed użyciem. Przygotowana kompozycja zdatna jest do użycia zwykle przez kilkadziesiąt minut. Z każdej przyrządzonej porcji sporządzane są jakościowe próbki kontrolne, na podstawie których sprawdza się prawidłowość przebiegu procesu żelowania żywicy.

Żywica epoksydowa Epikote 162. Jest to żywica importowana, stosowana z utwardzaczem Laromin C 250. Żywica i utwardzacz dostarczane są w stanie ciekłym, a łączy się je bezpośrednio przed przystąpieniem do laminowania. Czas przydatności przygotowanej kompozycji wynosi kilkadziesiąt minut.

Żywica Epikote 162 stosowana jest równolegle z krajową żywicą Epidian 52.

Kleje do łączenia laminatów. Do łączenia ze sobą oddzielnych części laminatowych stosowane są kleje przyrządzane z omawianych tu podstawowych żywic epoksydowych. Zależnie od potrzeby dodawane są do tych żywic odpowiednie wypełniacze, zwłaszcza zaś gdy występują tzw. pogrubione spoiny lub gdy istnieje trudność z dokładym dopasowaniem łączonych powierzchni. Drobno cięty rowing i płatki bawełniane zwiększają wytrzymałość połączenia, mikrobalon natomiast (lekki drobny proszek) stosowany jest do dobrego wypełnienia grubej spoiny. Krzemionka koloidalna dodawana jest do masy kleju w celu zapobieżenia wyciekaniu ze spoin świeżo naniesionego kleju. Często stosuje się jednocześnie kilka z wymienionych tu dodatków.

Przed klejeniem powierzchnie laminatów powinny być oczyszczone z tłuszczów i lekko przetarte papierem ściernym. Klej nakłada się na obie powierzchnie łączone. Klejenie nie wymaga stosowania kontrolowanych docisków, jak to praktykowane jest z reguły podczas klejenia elementów drewnianych.

Przebieg laminowania. Dla większości elementów, a głównie dla tych, od których wymagana jest duża gładkość i dokładność odwzorowania, stosowane są foremniki wklęsłe. Oznacza to, że zewnętrzne powierzchnie wykonywanych elementów przylegają bezpośrednio do foremnika. Aby zapobiec przylaminowaniu tkaniny do foremnika, powierzchnie

jego oczyszcza się i pokrywa odpowiednią warstwą rozdzielczą (np. wosk polietylenowy z rozcieńczalnikiem „tri"). Na warstwę rozdzielczą może być teraz naniesiona emalia kryjąca, która łączy się z licem wykonywanego laminatu. Dzięki temu staje się zbędne późniejsze lakierowanie całego zespołu szybowca.

Po wyschnięciu warstwy emalii przystępuje się do właściwego laminowania. W tym celu konieczne jest wcześniejsze przygotowanie odcinków tkanin z włókna szklanego. Rodzaj tkaniny, jej gramatura i sposób złożenia podczas formowania elementu podane są na rysunkach wykonawczych. Odcinki tkanin układa się na zakładkę, której szerokość wynosi kilka centymetrów.

Wytwarzanie laminatu odbywa się w sposób ciągły (bez przerw w pracy) przy przestrzeganiu zachowania czasu przydatności dostarczanych porcji żywicy z utwardzaczem. Nakładanie żywicy na foremnik, a następnie przesycanie nią układanych warstw tkanin odbywa się ręcznie przy użyciu krótkiego twardego pędzla.

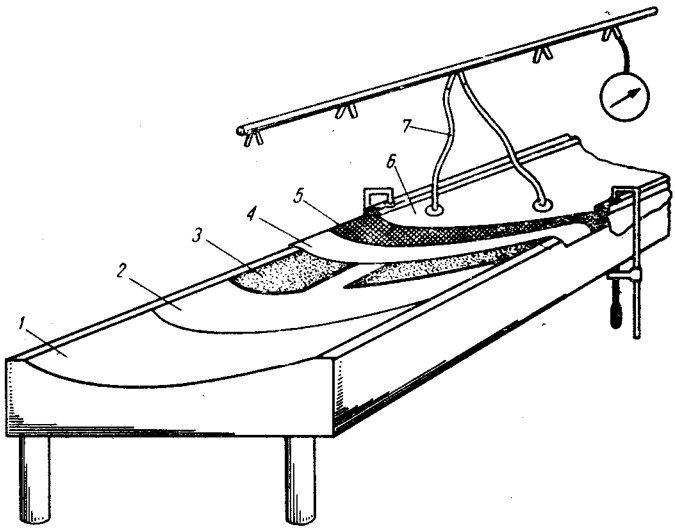
Jeżeli pomiędzy warstwy tkanin ma być wlaminowana warstwa przekładkowa w postaci spienionego tworzywa, to ze względu na jego porowatość może być dodany do żywicy mikrobalon, który zakryje otwarte pory na powierzchniach przekładki piankowej. Bezpośrednio po wlaminowaniu przekładki piankowej (tzn. po zakryciu jej warstwą tkaniny) konieczne jest wywarcie lekkiego nacisku, zapewniającego dobre ułożenie się przekładki i przyjęcie przez nią wymaganego kształtu. Nacisk taki wywiera się metodą podciśnieniową. Polega ona na tym, że na świeżą warstwę przesyconej żywicą tkaniny nakłada się cienką warstwę rozdzielczą z folii. Na warstwie rozdzielczej układa się drobną siatkę nylonową (lub tkaninę przepuszczającą powietrze), a następnie całość przykrywa się szczelnie dopasowaną przeponą (z grubszej folii), do której podłączone są giętkie przewody od pompy podciśnieniowej.

Do zapewnienia dobrego uformowania pokrycia wystarcza podciśnienie około 0,5÷0,7 kG/cm^2. Sposób układania poszczególnych warstw podczas laminowania przedstawiony jest na rysunku 24.

Podczas procesu laminowania wymagane jest przestrzeganie w pomieszczeniu odpowiedniej klimatyzacji. Minimalna temperatura powietrza powinna wynosić 20°C, a wilgotność względna nie może być większa niż 85%.

W omówiony tu sposób wytwarzane są głównie pokrycia skrzydeł i usterzeń szybowców oraz ścianki dźwigarów. Przy laminowaniu kadłubów metody docisku podciśnieniowego nie stosuje się.

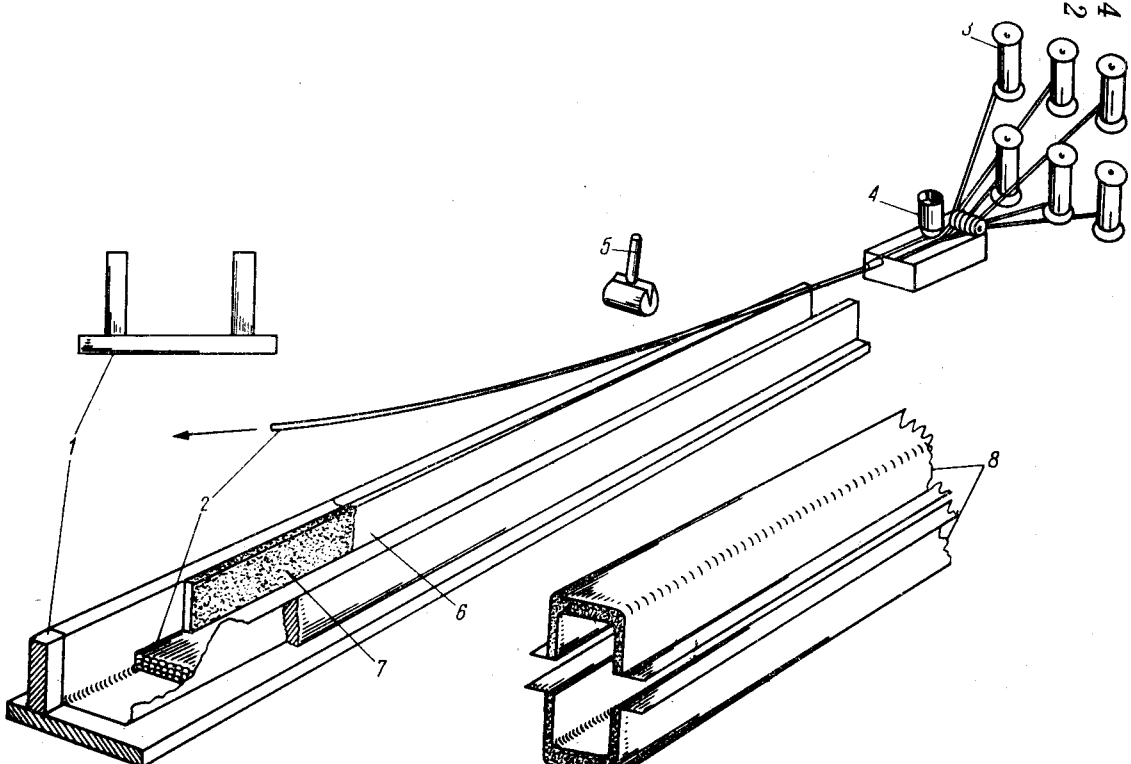
Odmienny przebieg ma proces budowy dźwigara. Dźwigar wykonywany jest z dwóch połówek, górnej i dolnej. Obie połówki wykonywane są w korytkowych foremnikach (rys. 25, *1*) przy zastosowaniu docisku metodą podciśnieniową. Dalsza operacja polega na wlaminowywaniu do obu połówek pasm rowingowych spełniających rolę pasów dźwigara (rys. 25, *2*). Pasma rowingu odwijane są ze szpulek (rys. 25, *3*), a następnie poddawane są dokładnemu przesycaniu żywicą w



Rys. 24. Wykonywanie laminatowego pokrycia skrzydła na foremniku

1 — warstwa rozdzielcza, *2* — warstwy laminowanych tkanin, *3* — przekładka piankowa, *4* — warstwa rozdzielcza z folii, *5* — siatka nylonowa, *6* — przepona poliwinylowa, *7* — przewody od pompy podciśnieniowej

specjalnym urządzeniu (rys. 25, *4*) i jednocześnie łączone w jedno pasmo o odpowiednio większym przekroju (rys. 25, *2*). Podczas wyciągania pasm z urządzenia przesycającego, pasma są układane wewnątrz połówek dźwigara i dociskane wałkiem (rys. 25, *5*). Każdy z pasów dźwigara składa się więc z określonej liczby pasm rowingu, przy czym im bliżej części nasadowej dźwigara, tym więcej pasm rowingu zawiera pas. Następną czynnością jest wklejanie do pionowych ścianek dźwigara lekkiego wypełniacza piankowego (rys. 25, 7) i zalaminowanie wnętrza połówek jedną warstwą tkaniny (rys. 25, *6*). Wykonane w ten sposób obie połówki mogą być teraz sklejone ze sobą kołnierzami (rys. 25, *8*). Proces utwardzania laminatów i ich połączeń klejowych składa się z około dziesięciogodzinnego procesu żelowania żywicy i z około jedno-



Rys. 25
Laminowanie dźwigara skrzydłowego
1 — foremnik,
2 — pasma rowingu
3 — szpule rowingu,
4 — sycidło,
5 — wałek,
6 — tkanina,
7 — układanie pasów rowingu i wypełniaczy piankowych,
8 — położenie połówek dźwigara

dobowego procesu utwardzania wstępnego. Po upływie tego okresu możliwe jest wyjęcie elementu z foremnika. Pełne utwardzenie żywicy następuje dopiero po kilku dobach. 4 3

Ponieważ sprawdzenie poprawności gotowego wyrobu jest w przypadku tworzyw laminatowych dość kłopotliwe, stosuje się w produkcji prawie stały dozór techniczny, obejmujący sprawdzenie: przydatności kompozycji żywicy z utwardzaczem, czasu jej stosowania, liczby, rodzaju i ułożenia tkanin, a także poprawności ich kolejnego przesycania.

Obok wielu niezaprzeczalnych zalet konstrukcje laminatowe odznaczają się jednak poważną cechą ujemną, a jest nią brak odporności na działanie podwyższonych temperatur otoczenia. Już w temperaturach powyżej 30°C rozpoczyna się w utwardzonych żywicach spadek modułu sprężystości, powodujący trwałe odkształcanie się konstrukcji. W miarę wzrostu temperatury zjawisko to przybiera na gwałtowności. Występowaniu tego zjawiska zapobiega się przez sezonowanie gotowych zespołów szybowca w komorach, w których temperatura wynosi kilkadziesiąt stopni. Ten zabieg powoduje przesunięcie krytycznych zjawisk w kierunku wyższych temperatur, nie występujących podczas użytkowania szybowca.

Niezależnie od tego konstrukcje laminatowe lakierowane są na kolor biały, a na górnych powierzchniach skrzydeł nie stosuje się umieszczania znaków rozpoznawczych, aby w ten sposób chronić je przed oddziaływaniem silnej operacji słonecznej.

METALE

Liczba elementów metalowych w konstrukcji szybowca jest różna i zależy od rodzaju konstrukcji. W szybowcach konstrukcji drewnianej z metalu wykonane są głównie okucia i sworznie w połączeniach zespołów drewnianych, części podwozia oraz sterownice i napędy sterów. W szybowcach laminatowych ilościowy udział metalu jest podobny. W nielicznych przypadkach mamy do czynienia z konstrukcjami całkowicie metalowymi, które mimo swych niezaprzeczalnych zalet, w szybownictwie nie przyjęły się.

Metale stosowane w budowie szybowców dzielą się na stale, stopy lekkie i metale kolorowe. Ze stali wykonywane są najbardziej odpowiedzialne elementy, jak okucia, sworznie i śruby, kratownice i zastrzały oraz elementy układów sterowania. Półfabrykaty stalowe dostarczane są w postaci blach, prętów, rur, drutów i linek.

4 Stopy lekkie to głównie stopy aluminium, znane pod nazwą
4 duralu. Dostarczane są w postaci blach, prętów i rur. Z cienkich blach mogą być wykonywane pokrycia konstrukcji, z grubszych — konsole zawieszenia usterzeń, drugorzędne okucia i dźwignie napędów usterzeń. Pręty i bloki służą do wykonywania części kształtowych poprzez frezowanie i toczenie. Rury duralowe znajdują szerokie zastosowanie jako popychacze napędów sterów i drążki sterowe.

Metale kolorowe to wyłącznie stopy łożyskowe na łożyska ślizgowe niektórych napędów.

Stale lotnicze dzielą się na stale węglowe i stopowe. Ze względów ekonomicznych asortyment ich jest ograniczony i sprowadza się w zasadzie do kilku gatunków (tabl. 5).

Stale węglowe i stopowe o niewielkiej zawartości węgla

TABLICA 5

PODSTAWOWE GATUNKI STALI W KONSTRUKCJAH SZYBOWCÓW

Materiał	Gatunek	Wytrzymałość na rozciąganie kG/cm²	Spawalność	Zastosowanie
Stale węglowe konstrukcyjne	10	34	tak	nity rurkowe, drobne części
wyższej jakości	20	41	tak	j.w.
	45	60	nie	sworznie, śruby, części do obróbki cieplnej
Stale stopowe	25HMA	60(70)*	tak	okucia, sworznie, rury, śruby, części do obróbki cieplnej
	30HGS	70(110)	tak	j.w.
	40HMF	90(110)	nie	sworznie, śruby itp.

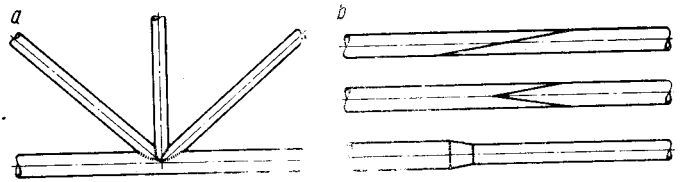
* liczby w nawiasie dotyczą obróbki cieplnej

można spawać, natomiast gatunki o większej zawartości węgla przeznaczone są do obróbki cieplnej, mającej na celu podniesienie ich wytrzymałości i twardości.

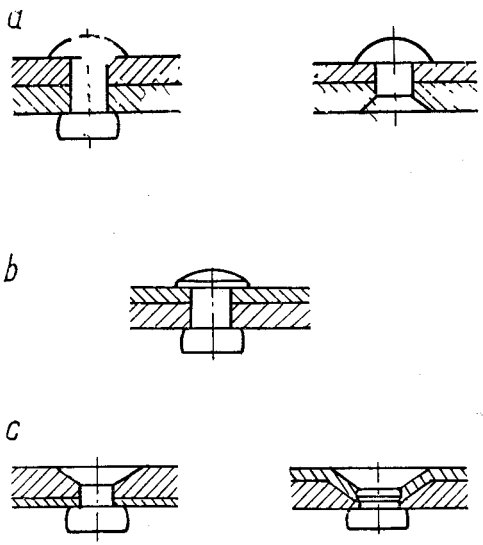
Obróbka cieplna, zwana ulepszaniem, polega na ogrzewaniu metalu do określonej temperatury, nagrzewaniu przez pewien czas w tej temperaturze, a następnie chłodzeniu w ściśle określonych warunkach. Zabiegiem końcowym jest tzw. odpuszczanie, polegające na ponownym podgrzaniu metalu do odpowiednio niższej niż poprzednio temperatury i chłodzeniu. Odpuszczanie ma na celu usunięcie szkodliwych naprężeń hartowniczych i częściowo przywrócenie plastyczności i odporności udarnościowej.

Elementy stalowe mogą być łączone ze sobą za pomocą spawania, nitowania lub skręcania śrubami. Elementy metalo-

we z konstrukcją drewnianą są łączone za pomocą śrub, nitów, a ostatnio także za pomocą specjalnych klejów. 4 5
Najbardziej rozpowszechnionym sposobem łączenia elementów stalowych jest spawanie gazowe, a w przypadku elementów grubych — elektryczne. Spawanie polega na łączeniu metali przez ich miejscowe stopienie. Do wypełniania spoin stosowane są specjalne druty spawalnicze lub elektrody. Charakterystyczne przypadki połączeń spawanych pokazane są na rysunku 26.
Za pomocą spawania otrzymuje się najbardziej lekkie i trwałe połączenia. Sama jednak czynność wymaga wysokich umiejętności spawacza, którego kwalifikacje muszą być sprawdzane okresowo na podstawie wykonywanych próbek. Niektóre stopy duralowe, w tym głównie blachy, mogą być



Rys. 26. Charakterystyczne przypadki połączeń spawanych w budowie szybowców



Rys. 27. Połączenie nitowane w konstrukcjach szybowców
a — nity z główką wypukłą, b — nity z główką spłaszczoną, c — nity z główką wpuszczaną

4 poddawane obróbce cieplnej w celu podwyższenia ich wy-
6 trzymałości. Za przykład może posłużyć dural gatunku PA 7, który w stanie miękkim ma wytrzymałość około 20 kG/cm^2 i w tym stanie podatny jest na formowanie. Przez obróbkę cieplną wytrzymałość jego może być podwyższona do około 40 kG/cm^2. Tak utwardzony dural otrzymuje oznaczenie PA7T.

Blachy duralowe łączone są ze sobą przez nitowanie. Stosowane są różne kształty nitów, a między innymi nity wpuszczane o płaskich łbach, spotykane na pokryciach konstrukcji metalowych. W połączeniach stosuje się nity ze stopów duralowych miękkich lub też nity poddaje się przed zakuciem zmiękczaniu. Tego rodzaju nity samoczynnie odzyskują po zakuciu większą twardość (wytrzymałość). Przykłady stosowanych połączeń nitowanych pokazane są na rysunku 27.

7/II

POWŁOKI OCHRONNE METALI

Metale mają skłonność do łączenia się z niektórymi pierwiastkami występującymi w ich otoczeniu. W następstwie procesu chemicznego na powierzchniach metali powstają stopniowo warstwy tlenków lub soli. Czynnikiem sprzyjającym powstawaniu tego procesu jest zazwyczaj wilgoć zawarta w powietrzu, a także pot ludzki, elektrolit oraz ciecze o charakterze kwasowym lub zasadowym. Omawiany proces nosi nazwę korozji. Korozja jest zjawiskiem bardzo szkodliwym, gdyż niszczy powierzchnię metali, a w wielu przypadkach, postępując w głąb materiału, powoduje zmniejszenie wytrzymałości elementów metalowych.

Zależnie od obrazu niszczenia metalu rozróżnia się następujące odmiany korozji:

— korozję równomierną lub powierzchniową, powodującą zanik połysku metalicznego lub chropowatość,
— korozję miejscową w postaci plam i wżerów, mogących sięgać na większą głębokość materiału,
— korozję międzykrystaliczną, najbardziej niebezpieczną, gdyż wnikającą głęboko w strukturę materiału, a przy tym trudno dostrzegalną,
— korozję elektrochemiczną, występującą wtedy, gdy czynnikom chemicznym towarzyszą zjawiska elektryczne. Ta odmiana występuje w obecności dwóch różnych metali o odmiennych potencjałach elektrycznych, a czynnikiem wyzwalającym jest woda, która wskutek

zanieczyszczeń działa jako elektrolit przewodzący słabe prądy galwaniczne. 4 7

Skłonność metali do korodowania jest różna i zależy od składu chemicznego metali. Ochrona powierzchni metali przed korozją polega na wytwarzaniu na ich powierzchniach lub nakładaniu na nie szczelnych powłok ochronnych pochodzenia metalicznego lub niemetalicznego.

Powłoki tzw. wytwarzane powstają na drodze chemicznej lub fizykochemicznej. Przykładem może być oksydowanie, polegające na wytworzeniu na powierzchni metalu cienkich warstewek tlenków metali lub fosforowanie, dające przez obróbkę chemiczną warstwę fosforanów żelaza.

W przypadku stopów duralu proces uzyskiwania warstw tlenkowych nazywa się anodowaniem (gdyż odbywa się na drodze galwanicznej). Podczas anodowania istnieje możliwość lekkiego barwienia powierzchni do celów kontrolnych (np. na kolor seledynowy lub pomarańczowy).

Powłoki nakładane uzyskuje się na drodze mechanicznej lub przez: zanurzanie w roztopionym metalu, natryskiwanie metalem bądź nawalcowywanie warstewki platerowej z czystego aluminium, jak to ma miejsce przy zabezpieczaniu blach duralowych. Innym sposobem jest galwaniczne nakładanie metalu, na przykład cynkowanie lub kadmowanie.

Jeszcze innym sposobem zabezpieczenia powierzchni metali są pokrycia lakiernicze, które są jednak mniej trwałe od pokryć omawianych poprzednio. W celu zapewnienia jak najlepszej przyczepności lakierów, konieczne jest odpowiednie przygotowanie powierzchni metalu. Odbywa się to przez fosforowanie lub piaskowanie, w celu utworzenia powierzchni chropowatej zapewniającej dobrą przyczepność dla warstwy lakierniczej.

Na przygotowane w ten sposób i dobrze odtłuszczone powierzchnie można nakładać metodą natryskową podkładowy lakier syntetyczny, a po jego wyschnięciu dwie warstwy emalii syntetycznej, na przykład poliwinylowej (po każdej warstwie suszenie na powietrzu).

Stosowane są także emalie syntetyczne wymagające suszenia w piecu w temperaturze około 120°C. Jedną z takich emalii jest dekoracyjny lakier „młotkowy", jakim pokrywa się niektóre widoczne elementy konstrukcji.

TKANINY

Tkaniny lotnicze stosowane są na pokrycie skrzydeł i usterzeń szybowców. Rozróżnia się pokrycia wolno zawieszone,

to znaczy rozpostarte na szkielecie konstrukcji oraz pokrycia o charakterze ochronnym, nakładane na powierzchnie konstrukcji drewnianych w celach konserwacyjnych.

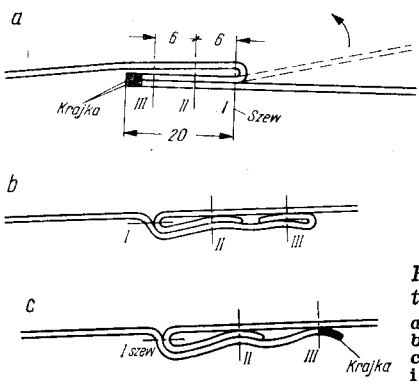
W większości tkaniny lotnicze wykonane są z nici bawełnianych o prostokątnym splocie. Układ podłużny tkaniny nazywany jest osnową, a układ poprzeczny wątkiem. Ogólnie tkaniny sklasyfikowane są w dwóch grupach, to znaczy jako tkaniny o mniejszej wytrzymałości (lżejsze) oraz tkaniny o większej wytrzymałości (o odpowiednio większym ciężarze).

Orientacyjnie wytrzymałość tkanin lżejszych wynosi od 550 do 1000 kG/mb, a cięższych od 1000 do 1750 kG/mb. Odpowiednio do tych wartości wytrzymałościowych ciężary jednostkowe tkanin wynoszą: dla tkanin lżejszych od 75 do 120 G/m² i od 130 do 210 G/m² dla tkanin cięższych.

Tkaniny lotnicze wytwarzane są na podstawie odpowiednich warunków technicznych; podczas prób odbiorczych sprawdza się ich ciężar jednostkowy, liczbę nitek w wątku i osnowie, wytrzymałość na zerwanie i wydłużenie przy zerwaniu. Ponadto sprawdza się przydatność tkaniny do cellonowania i odporność na starzenie się.

Oddzielne odcinki tkanin łączone są ze sobą przez zszywanie nićmi bawełnianymi lub lnianymi o wytrzymałości od 700 do 2000 G. Podczas zszywania krawędzie tkanin są odpowiednio zawijane, a połączenie składa się zwykle z dwóch lub trzech szwów (rys. 28).

Połączenia tkanin z konstrukcją drewnianą wykonywane są za pomocą specjalnego nitrokleju, który nakłada się pędzlem



Rys. 28. Łączenie tkanin lotniczych
a — tkanina z krajkami,
b — tkanina bez krajek,
c — tkanina z krajką i bez krajki

na drewniany szkielet konstrukcji. Po zaschnięciu kleju rozpina się tkaninę na konstrukcji mocując ją gwoździami lub szczypcami stolarskimi. Krawędzie elementów drewnianych powinny być przytępione, aby nie powodowały później pę-

kania lakieru lub przecierania się płótna na styku z krawędziami. 4 9

Klejenie polega na nawilżaniu spoiny rozcieńczalnikiem nitro. Rozcieńczalnik wciska się w tkaninę za pomocą szmatki w ten sposób, aby przeniknął do warstwy nitrokleju i spowodował jej rozrzedzenie. Rozrzedzony nitroklej przesyca włókna tkaniny pod wpływem nacisku, wywieranego na spoinę przesuwanym ręką i dociskanym mocno drewnianym klockiem.

Wykończenie połączenia polega zwykle na naklejeniu wzdłuż krawędzi przymocowanej tkaniny bawełnianej ząbkowanej taśmy. Taśma połową szerokości pokrywa tkaninę, a drugą połową przyklejona jest do konstrukcji drewnianej.

Opłótnianie konstrukcji kratownicowej z rur rozpoczynane jest od odpowiedniej konserwacji rur. Rury pokrywa się mieszaniną wosku, parafiny lub stearyny, a następnie owija się je taśmą bawełnianą. Po otaśmowaniu odpowiednich rur kratownicy nawiniętą taśmę cellonuje się. Następnie od strony zamierzonego łączenia nakłada się warstwę kleju kolodionowego (nitrokleju). Po wyschnięciu warstwy kleju można szkielet pokryć tkaniną, a nawet przyszyć ją do otaśmowanych rur.

Tkaninę przesyca się nitroklejem podobnie jak w przypadku konstrukcji drewnianej, to znaczy za pomocą szmatki zwilżanej w rozcieńczalniku.

W celu ochrony przed przetarciem, zaokrąglone krawędzie konstrukcji opłótnionej można pokryć dodatkowo bawełnianą taśmą ząbkowaną.

9/II

LAKIERY DO DREWNA, TKANIN I LAMINATÓW

Lakiery są przeznaczone przede wszystkim do konserwacji powierzchni zewnętrznych i wewnętrznych konstrukcji, a więc do ochrony przed szkodliwym oddziaływaniem czynników zewnętrznych, takich jak woda, powietrze, promienie słoneczne, drobnoustroje, kwasy, ługi i zanieczyszczenia. Nie bez znaczenia są też korzyści natury aerodynamicznej, jakie daje uzyskiwana tą drogą gładkość powierzchni. Dodatkowym aspektem jest estetyczny wygląd szybowca. W przypadku szybowców laminatowych dowolność barw lakierów jest ograniczona, gdyż głównie chodzi tu o zabezpieczenie konstrukcji przed zbytnim nagrzewaniem się pod wpływem działania promieni słonecznych.

Lakiery dzielą się na lakiery do drewna, do tkanin, do laminatów i do metali. W przypadku konstrukcji drewnianych

i metalowych odróżnia się lakiery do konserwacji wnętrz i lakiery nawierzchniowe. Te ostatnie wymagają często stosowania odpowiednich podkładów, ostatnio jednak coraz częściej stosowane są nowoczesne lakiery o uproszczonej technologii nakładania. Do dawnych lakierów zalicza się lakiery z mas plastycznych, głównie nitrocelulozowe, do bardziej nowoczesnych różne żywice syntetyczne. W skład lakieru wchodzi zwykle podstawowa masa plastyczna, plastyfikator, substancja barwiąca i rozcieńczalnik — zwykle w postaci łatwo odparowującej cieczy.

Lakiery mogą być dopuszczone do stosowania w budowie szybowców pod warunkiem spełniania wymagań określonych w odpowiednich warunkach technicznych. Do takich podstawowych wymagań zalicza się:

— dużą odporność mechaniczną i elastyczność,
— odporność na duże i szybkie zmiany temperatury,
— odporność na działanie wilgoci, paliw i smarów,
— nieprzepuszczalność wody i powietrza,
— odporność na działanie promieni słonecznych oraz zachowanie barwy,
— zdolność naprężania powierzchni krytych tkaniną (cellony),
— duża odporność na ogień,
— trwałość, odporność na starzenie się.

Orzeczenia o zdatności lakierów do celów lotniczych są zwykle sporządzane na okres jednego roku. Po upływie tego terminu próby zdatności mogą być powtórzone.

Do konserwacji wnętrz konstrukcji drewnianej stosowany jest zabarwiony podkład nitrocelulozowy, który nakłada się pędzlem. Podkład zabezpiecza przed przenikaniem wilgoci spoiny klejowe i miejsca mogące gromadzić wodę.

Lakiernicze pokrycia zewnętrzne stosowane do drewna i sklejek, jeżeli są pochodzenia nitrocelulozowego, składają się z kilku warstw. Bezpośrednio na drewno nakładany jest lakier gruntowy, a następnie kit szpachlowy, za pomocą którego wyrównuje się nierówności powierzchni. Warstwa ta wymaga po wyschnięciu szlifowania na mokro za pomocą papieru ściernego, co ma na celu uzyskanie wymaganej gładkości. Następną warstwę stanowi lakier podkładowy, a następnie dopiero lakier nawierzchniowy, zwany emalią. Wymienione tu lakiery, z wyjątkiem szpachlówki, nakładane są metodą natryskową, co zapewnia równomierne ich nałożenie i przyspiesza pracę.

Omawiana tu technologia jest pracochłonna i powoduje znaczny przyrost ciężaru szybowca, toteż w przypadku szybowców szkolnych pomija się często szpachlowanie i lakier podkładowy.

Ostatnio coraz częściej praktykowane jest pokrywanie powierzchni zewnętrznych nowymi gatunkami lakierów syntetycznych (perlonowe, akrylowe, poliwinylowe itp.) oraz szpachlowanie przy użyciu kitu epoksydowego. Emalie pochodzenia nitrocelulozowego wymagają polerowania dającego wysoką gładkość i połysk.

Lakiery do tkanin nazywane są cellonami. Rozróżnia się tutaj nitrocellony impregnujące bezbarwne i nitrocellony nawierzchniowe, barwione. Jako lakierów nawierzchniowych używa się też do tkanin emalii poliwinylowych.

Proces pokrywania tkaniny rozpoczyna się od naprężania jej za pomocą nitrocellonu impregnującego. Nitrocellon ten nakładany jest za pomocą pędzla w ten sposób, aby dobrze przesycił tkaninę na zewnątrz. Po wyschnięciu nakłada się dalsze warstwy, a nierówności ostrożnie zeszlifowuje się. Pełne naprężenie tkaniny uzyskuje się po nałożeniu co najmniej trzech warstw nitrocellonu. Ze względu na dużą lotność i łatwopalność rozcieńczalnika wymagane są ścisłe przestrzeganie przepisów bhp oraz odpowiednia klimatyzacja pomieszczenia.

Na naprężoną w ten sposób tkaninę można nałożyć warstwy nitrocellonu nawierzchniowego lub lakieru poliwinylowego. Jako pierwszą można kłaść natryskowo warstwę podkładu aluminiowego nitrocellonowego lub poliwinylowego. Warstwa ta ma na celu ochronę pokrycia przed szkodliwym działaniem promieni słonecznych (nadfioletowych). Następnie kładzie się metodą natryskową kilka warstw odpowiednio barwionego nitrocellonu nawierzchniowego lub jedną warstwę odpowiedniej emalii poliwinylowej. Ostatnią czynnością, nieodzowną zwłaszcza przy emaliach nitrocellonowych, jest polerowanie dobrze wyschniętych powierzchni.

Stosowane w produkcji cellonów i lakierów rozcieńczalniki mogą być wykorzystywane w wielu przypadkach jako zmywacze tych lakierów. Stosuje się je podczas przeprowadzania drobnych napraw szybowców. Wyjątek stanowią tu emalie poliwinylowe, które po utwardzeniu ponownie nie rozpuszczają się i w koniecznych przypadkach muszą być usuwane w sposób mechaniczny.

Najbardziej popularną metodą lakierowania szybowców jest metoda natryskowa. Ostatnio, wraz z konstrukcjami laminatowymi, rozpowszechnił się oryginalny sposób lakierowania polegający na tym, że warstwa emalii nawierzchniowej natryskiwana jest na warstwę rozdzielczą foremnika (rys. 24). Po jej wyschnięciu nakłada się na foremnik żywicę i przystępuje do procesu laminowania. Przy tej metodzie lakierowania stosuje się bezparafinową emalię poliestrową. Jej przyczepność zależy w pewnym stopniu od gatunku żywic

5 użytych do budowy laminatu, toteż na przykład w przypad-
2 ku żywicy Epidian 52 praktykuje się oddzielanie emalii nawierzchniowej od żywicy Epidian 52 za pomocą natryśniętej warstwy podkładowej, sporządzonej na bazie żywic syntetycznych.

10/II

SZKŁO ORGANICZNE

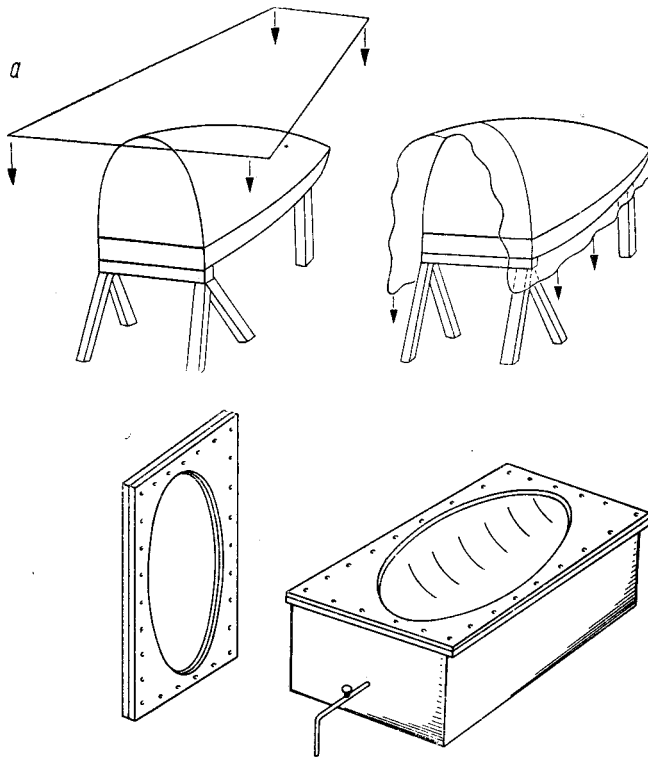
Szkło organiczne stosowane do wykonywania osłon kabin w szybowcach występuje w handlu pod różnymi nazwami (pleksi, perspeks). Dostarczane jest ono w postaci arkuszy o różnej grubości, przy czym najczęściej stosowane są arkusze o grubości od 2 do 4 mm.

Szkło organiczne odznacza się dobrą odpornością na wpływ warunków atmosferycznych, takich jak wilgoć i temperatura, jest odporne na działanie światła, ma przy tym dobre własności termoplastyczne, które umożliwiają formowanie go w skomplikowane kształty. Jedną z głównych wad szkła organicznego jest jego miękkość, która powoduje, że osłony łatwo ulegają porysowaniu w trakcie użytkowania szybowca. Istnieje kilka metod kształtowania arkuszy (np. metoda obciągania arkusza na foremniku, metoda formowania pod ciśnieniem lub przy zastosowaniu podciśnienia). Obróbka szkła organicznego wymaga odpowiedniego doświadczenia, gdyż nieumiejętne wykonywanie potrzebnych czynności może spowodować lokalne zmiany grubości arkusza lub zafalowania, dające w efekcie deformacje obrazu.

Spośród wymienionych tu metod dobre wyniki daje metoda kształtowania podciśnieniowego (rys. 29*b*) stosowana na skalę przemysłową. Wymaga ona dysponowania odpowiednim oprzyrządowaniem, w którego skład wchodzi m. in. pompa podciśnieniowa. Przez cały czas obróbki szkło jest zawieszone swobodnie nie przylegając do foremnika, dzięki czemu nie wykazuje później miejscowych uskoków grubości ani wgniotów mechanicznych. Uzyskanie wymaganego kształtu uwarunkowane jest obrysem wykroju ramy, w której mocowany jest formowany arkusz. Rama wraz z uchwyconym obwodowo arkuszem wstawiana jest w pozycji pionowej do pieca elektrycznego, w którym arkusz nagrzewa się do temperatury 130÷150°C.

Bezpośrednio po wyjęciu z pieca rama jest układana szczelnie na otwartej podłużnej skrzyni, w której wytwarza się następnie podciśnienie za pomocą przewodów podłączonych do pompy próżniowej. Spadek ciśnienia wewnątrz skrzyni

powoduje wciąganie przeponowe zawieszonego arkusza do wnętrza skrzyni. Ten fragment procesu formowania musi być ściśle kontrolowany i w odpowiednim czasie musi nastąpić przerwanie procesu. Uformowany arkusz pozostawia się w przyrządzie aż do ostygnięcia, a następnie sezonuje się go



Rys. 29. Sposoby formowania osłon ze szkła organicznego
a — przez obciąganie na foremniku, *b* — przy zastosowaniu podciśnienia

przez wygrzewanie w temperaturze kilkudziesięciu stopni. Sezonowanie likwiduje wewnętrzne naprężenia w strukturze szkła.

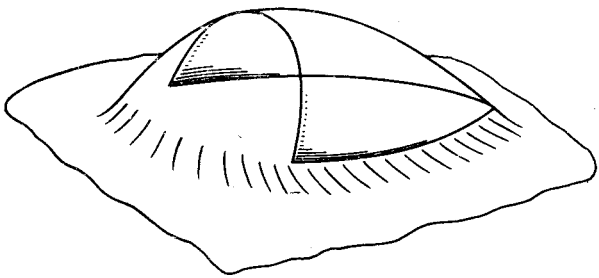
Dalsza obróbka polega na wycięciu odpowiedniego fragmentu osłony z wytłoczonego arkusza (rys. 30).

Podczas użytkowania szybowca w osłonach ze szkła organicznego występują następujące zjawiska:

— tworzenie się obszarów drobnych rysek w postaci „srebra",
— pęknięcia, zwłaszcza przy otworach pod nity, narożach okienek itp.,

5 — pęknięcia od uderzeń mechanicznych,
4 — porysowania, zmniejszające przejrzystość.

Charakterystyczne srebrzenie się szkła jest wynikiem występowania w nim naprężeń wewnętrznych (skutek niewłaściwego formowania). Pęknięcia przy krawędziach otworów są



Rys. 30. Wykrawanie osłony z wytłoczonego arkusza szkła organicznego

także następstwem naprężeń wewnętrznych, a występują tam, gdzie działa zjawisko karbu. Powstawaniu ich sprzyjają duże zmiany temperatury, powodujące znaczne zmiany wymiarów oszklenia w stosunku do ram, w których są osłony mocowane.

11/II

CZĘŚCI ZNORMALIZOWANE

Dzięki stosowaniu w seryjnej produkcji szybowców części znormalizowanych zyskuje się wiele korzyści i w budowie, i w użytkowaniu szybowców. Stosowanie części znormalizowanych upraszcza i skraca konstruowanie szybowca, skraca procesy technologiczne, obniża koszty budowy, a więc i cenę szybowca. Także i podczas użytkowania szybowca dają się odczuć korzyści wynikające z normalizacji.

Normalizacji podlegają tworzywa i półfabrykaty, a więc drewno, sklejki, blachy, rury i pręty oraz tkaniny. Znormalizowane są drobne elementy, takie jak śruby, wkręty, podkładki, nakrętki, sworznie, nity i łożyska, a także charakterystyczne dla szybownictwa linki sterowe, ściągacze do linek, krążki do linek, popychacze z końcówkami, pasy pilota, zaczepy startowe, ogniwa do lin holujących, bezpieczniki zrywowe lin, piasty kół, dętki i opony, a dalej przyrządy podkładowe i inne części wyposażenia.

W celu uproszczenia warunków użytkowania szybowców,

znormalizowane zostały barwy uchwytów w kabinie, tabliczki objaśniające, umieszczane przy uchwytach oraz przy innych urządzeniach w kabinie. Także dopuszczalne siły, potrzebne do obsługi urządzeń i sterownic szybowca, zostały odpowiednio znormalizowane. 5 5

Części znormalizowane często wytwarzane są w odrębnych zakładach i w stanie gotowym dostarczane wytwórcy i użytkownikowi szybowców (oczywiście, z odpowiednimi świadectwami jakości).

Rozdział III

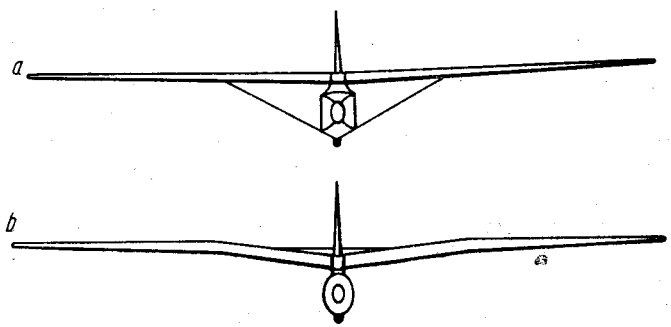
BUDOWA ZESPOŁÓW SZYBOWCA

1/III

UKŁADY KONSTRUKCYJNE SZYBOWCÓW

Typ lecącego szybowca określa się na podstawie charakterystycznych cech jego sylwetki. Znaczny wpływ na sylwetkę szybowca ma jego układ konstrukcyjny. Przez pojęcie układu rozumie się tu usytuowanie skrzydeł względem kadłuba oraz usytuowanie usterzeń.

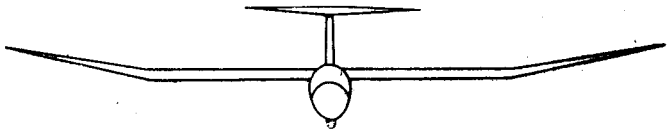
We wczesnym okresie rozwoju szybownictwa do najbardziej rozpowszechnionych należał układ górnopłata, odznaczający się tym, że skrzydła, najczęściej wsparte zastrzałami, umieszczone były nad kadłubem (rys. 31). Początkowo budowano



Rys. 31. Układy górnopłatów
a — zastrzałowy, *b* — wolnonośny

5 w takim układzie prawie wszystkie odmiany szybowców,
6 później układ ten charakterystyczny był dla szybowców szkolnych i treningowych. Obecnie tego rodzaju szybowce spotykane są coraz rzadziej.

Korzystną pod względem aerodynamicznym i konstrukcyjnym odmianą górnopłata jest tzw. grzbietopłat (rys. 32). Różni się on od górnopłata tym, że skrzydła ma zabudowane

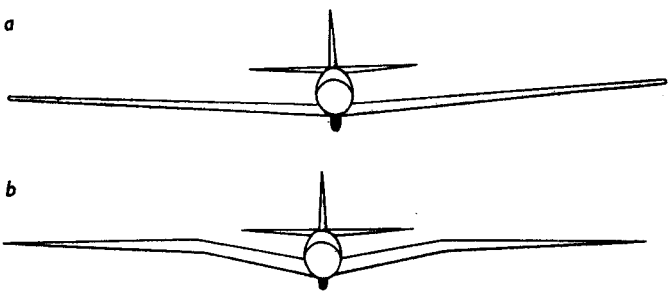


Rys. 32. Układ grzbietopłata

bezpośrednio do górnej części kadłuba, a nie do tzw. wieżyczki, którą tworzy wyniesiona do góry i zwężająca się część kadłuba (rys. 31).

Najbardziej pokaźną grupę stanowią szybowce zbudowane w układzie średniopłata. W szybowcach tych skrzydła mocowane są mniej więcej w połowie wysokości kadłuba. Przykłady takich rozwiązań pokazane są na rysunkach od 4 do 7.

W sporadycznie spotykanych konstrukcjach przyjęty jest układ dolnopłata (rys. 33). Poważną niedogodnością takiego



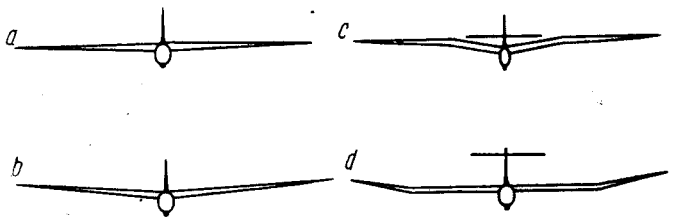
Rys. 33. Układy dolnopłatów

układu jest w przypadku szybowca możliwość uszkodzeń szybowca na ziemi ze względu na nieznaczną odległość skrzydeł od powierzchni ziemi.

Niebezpieczeństwo niezamierzonego kontaktu z ziemią usuwa częściowo zastosowanie „łamanego" skrzydła o kształcie spłaszczonej litery „M" (rys. 33b). Rozwiązania takie (rys. 34) stosuje się w celu poprawienia stateczności szybowca, a jednocześnie przez oddalenie końców skrzydeł od ziemi zapobiega się zaczepianiu ich o wysoką roślinność, co jest szcze-

gólnie ważne podczas lądowania szybowca w terenie przygodnym.

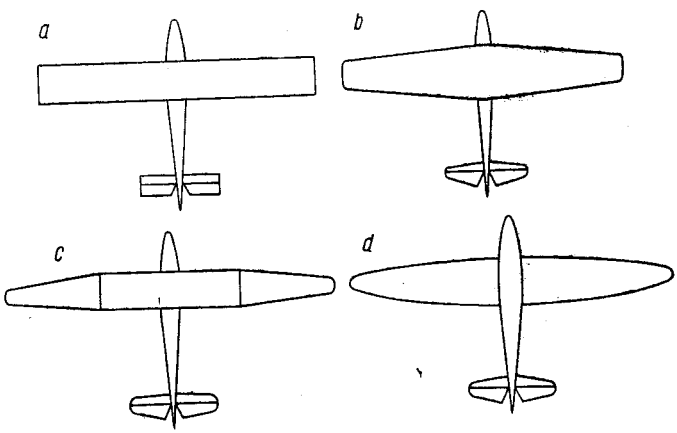
Dalszą charakterystyczną cechą skrzydła jest jego obrys. Przykłady stosowanych obrysów skrzydeł pokazane są na rysunku 35. Obrys prostokątny (rys. 35a) spotykany był wy-



Rys. 34. Rodzaje wzniosów skrzydeł
a — wzniosu zerowy, *b* — wzniosu dodatni, *c* — układ spłaszczonego „M", *d* — wzniosu końcówek

łącznie przy prostych w konstrukcji szybowcach szkolnych. Obrys taki nie był korzystny aerodynamicznie, ale znakomicie upraszczał budowę.

Pozostałe obrysy, takie jak trapezowy, prostokątno-trapezowy oraz eliptyczny (rys. 35b, c, d) stosowane są w szybowcach treningowych, wyczynowych i akrobacyjnych, gdyż zapewniają znaczne korzyści aerodynamiczne, zwłaszcza przy odpowiednim wydłużeniu skrzydła.



Rys. 35. Charakterystyczne obrysy skrzydeł szybowców
a — prostokątny, *b* — trapezowy, *c* — prostokątno-trapezowy, *d* — eliptyczny

Wydłużenie skrzydła to jedna z cech konstrukcji skrzydła. Wydłużenie jest to stosunek rozpiętości skrzydeł do ich szerokości (w przypadku skrzydeł prostokątnych). Większe wy-

dłużenia zapewniają lepszą doskonałość aerodynamiczną, ale nastręczają dodatkowe trudności konstrukcyjne ze względu na spadek sztywności giętnej i skrętnej smukłego skrzydła. Ogólnie, dla dowolnego obrysu skrzydła wydłużenie λ (lambda) wyznacza wzór

$$\lambda = \frac{L^2}{S}$$

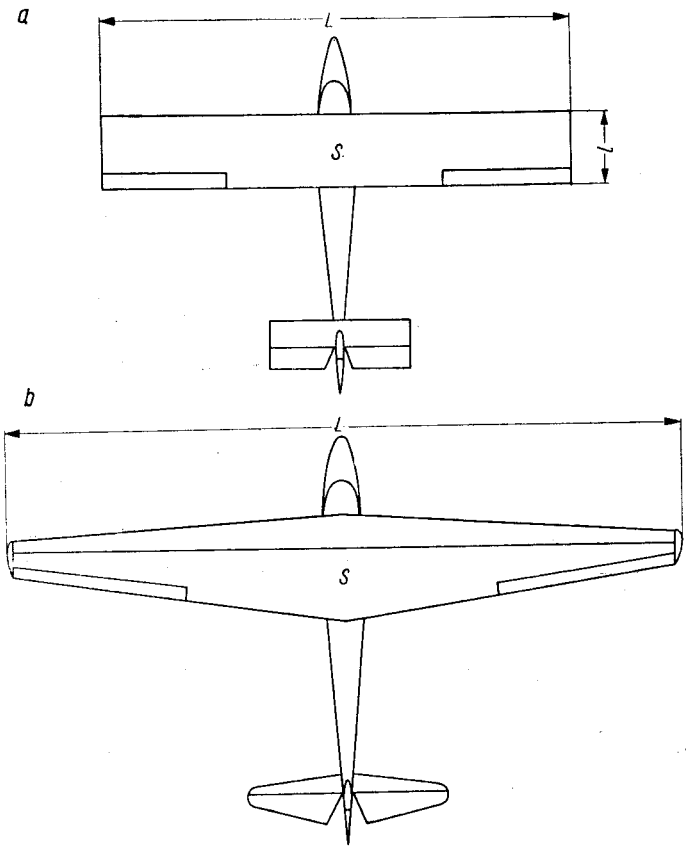
gdzie:

L — rozpiętość skrzydeł,

S — powierzchnia nośna skrzydeł.

Pojęcie wydłużenia wyjaśnia rysunek 36 na przykładzie skrzydła prostokątnego i trapezowego.

Następną dostrzegalną dla obserwatora cechą zewnętrzną szybowca jest tzw. skos skrzydeł (rys. 37). Układ ze skosem

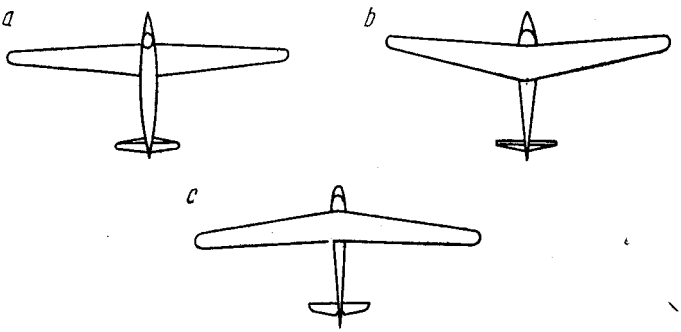


Rys. 36. Wydłużenie skrzydła

do przodu stosowany jest często w szybowcach dwumiejscowych, gdyż umożliwia umieszczenie drugiego członka załogi w środku ciężkości szybowca, tak aby jego ciężar miał minimalny wpływ na zmianę położenia środka ciężkości szybowca. Takie rozwiązanie zastosowane jest w szybowcu dwumiejscowym „Bocian" (rys. 4) oraz w szybowcu szkolnym „Czapla" (rys. 2).

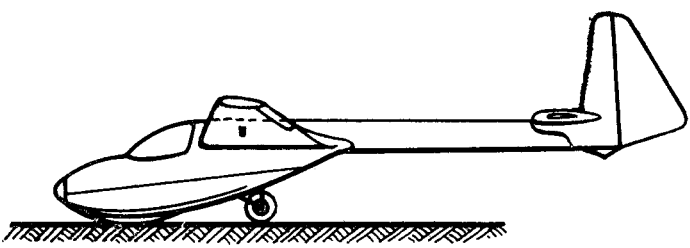
Skos skrzydeł do tyłu charakterystyczny jest dla szybowców bezogonowych, czyli do tzw. latających skrzydeł, gdyż zapewnia potrzebną stateczność podłużną i sterowność. Rozwiązania takie występują jednak sporadycznie i to w konstrukcjach raczej eksperymentalnych.

W konstrukcjach kadłubów występuje także znaczna różnorodność. Najbardziej prymitywnym rodzajem kadłuba jest



Rys. 37. Skosy skrzydeł
a — skrzydło bez skosu, b — skos do przodu, c — skos do tyłu

kadłub wykonany z kratownicy płaskiej; znajdował on szerokie zastosowanie w konstrukcjach dawnych szybowców do szkolenia wstępnego (rys. 1). Obecnie wszystkie szybowce mają kadłuby stanowiące konstrukcje przestrzenne o przekroju wielobocznym lub owalnym. Spotyka się też kadłuby o przekroju kołowym (rys. 6); w niektórych konstrukcjach

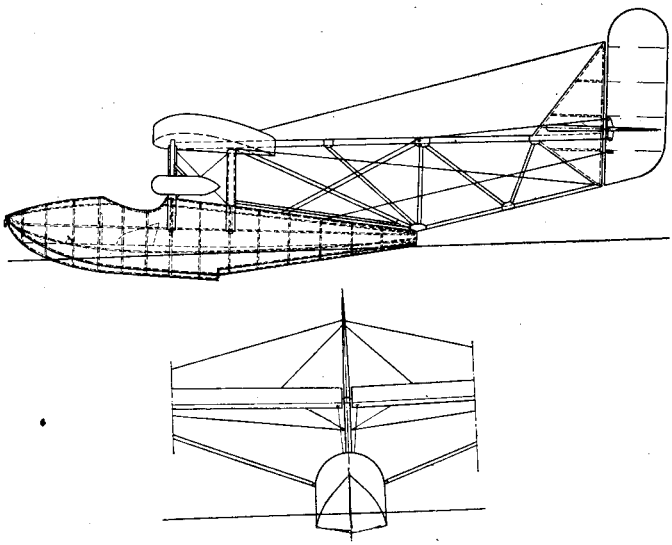


Rys. 38. Szybowiec z kadłubem belkowym

kratownicowych z rur stalowych w tylnych częściach kadłubów występują przekroje trójkątne.

Charakterystyczny dla niektórych konstrukcji jest kadłub belkowy, w którym przekroje tuż za kabiną zdecydowanie zmniejszają się przechodząc w belkę (w rzeczywistości lekko stożkową rurę, często duralową, rys. 38).

Bardzo szczególny przypadek stanowi konstrukcja wodnoszybowca, przedstawiona na rysunku 39. Wodnoszybowce



Rys. 39. Wodnoszybowiec z pływakiem centralnym

konstruowane są bardzo rzadko, zwykle w pojedynczych egzemplarzach mających charakter eksperymentalny lub amatorski. W praktyce nie znajdują one zastosowania, tak z racji ograniczonych terenowo możliwości użytkowania, jak też z uwagi na słabe osiągi, spowodowane wyraźnie szkodliwymi pod względem aerodynamiki pływakami i ukształtowaniem spodu kadłuba.

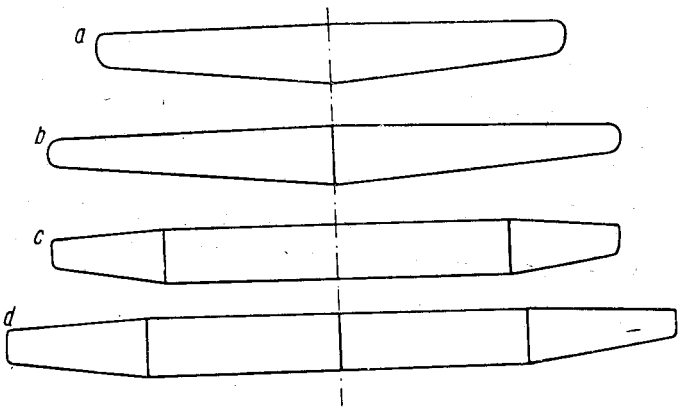
2/III

KONSTRUKCJE SKRZYDEŁ

Oba skrzydła (lewe i prawe) szybowca tworzą jeden płat. Stąd spotykane w literaturze określenia, takie jak górnopłat, średniopłat lub grzbietopłat. Płat może być budowany jako jedna całość, to znaczy niedzielony, może być dwudziel-

ny, to znaczy składać się z lewego i prawego skrzydła, a może też składać się z trzech lub nawet czterech części. Różne sposoby podziału płata pokazane są na rysunku 40. 6 1

Najczęściej spotyka się płat dwudzielny, który zapewnia najkorzystniejsze warunki obsługi i transportu kołowego. Płat niedzielony, dający znaczne oszczędności na ciężarze dzięki brakowi ciężkich okuć nośnych, może być stosowany jedynie na szybowcach o małej rozpiętości. Pozostałe rozwiązania, w postaci płata trójdzielnego oraz składającego się z czterech części, są najbardziej kłopotliwe podczas użytkowania szybowców (montaże, demontaż, transport).



Rys. 40. Rodzaje podziału płata
a — płat niedzielony, *b* — płat dwudzielny, *c* — płat trójdzielny, *d* — płat czterodzielny

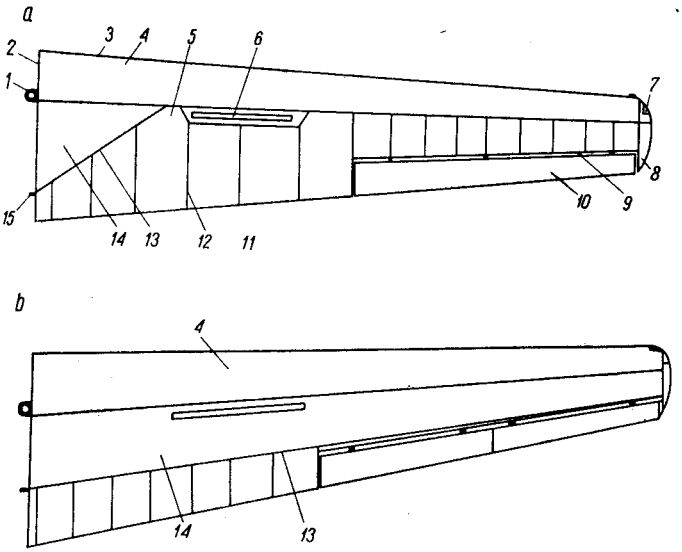
Choć pod względem wyglądu zewnętrznego skrzydła mogą być do siebie podobne, to jednak często występują duże różnice w ich konstrukcji i w stopniu zmechanizowania. Do tradycyjnych zalicza się skrzydła z jednym lub dwoma dźwigarami konstrukcji drewnianej. Po dość krótkim okresie prób ze skrzydłami wielopodłużnicowymi, pozbawionymi dźwigarów, obserwuje się powrót do koncepcji dźwigara w konstrukcjach laminatowych.

Na mechanizację skrzydeł szybowcowych składają się lotki i hamulce aerodynamiczne; rzadziej występują klapy wyporowo-przeskokowe i zbiorniki na balast wodny. Na przestrzeni lat można było obserwować wiele ewolucji, jakim poddawane były te urządzenia w dążeniu do uzyskania jak największych efektów. Na przykład lotki, początkowo bezszczelinowe, ewoluowały w kierunku lotek szczelinowych o dużej skuteczności, aby wreszcie wrócić do rozwiązań początkowych, tyle że o zmienionym wydłużeniu, wyważeniu

i sposobie zawieszenia. Hamulce aerodynamiczne, usuwane ze skrzydeł w celu zachowania idealnie gładkich powierzchni laminarnych, po kilku latach eksperymentów z różnego rodzaju hamulcami spadochronikowymi w tyle kadłuba, powróciły na skrzydła, tyle że nieco cofnięte do tyłu, w strefę turbulentnego opływu płata.

Skrzydła dźwigarowe. Charakterystyczne dla konstrukcji szybowców skrzydła dźwigarowe wykonane z drewna pokazano na rysunku 41.

Na rysunku 41*a* przedstawiono skrzydła jednodźwigarowe z dźwigarkiem pomocniczym (inaczej skośnym, skrętnym), pokryte kesonem wykonanym ze sklejki, a biegnącym wzdłuż całej rozpiętości oraz trójkątnym kesonem wypełniającym



Rys. 41. Typowe skrzydła dźwigarowe szybowców

1 — okucie główne, *2* — żebro nasadowe, *3* — krawędź natarcia, *4* — keson (przedni), *5* — dźwigar główny, *6* — hamulec aerodynamiczny, *7* — światło pozycyjne, *8* — końcówka skrzydła, *9* — dźwigarek przylotkowy, *10* — lotka, *11* — krawędź spływu, *12* — żebro, *13* — dźwigar pomocniczy, *14* — keson tylny, *15* — okucie pomocnicze

miejsce pomiędzy dźwigarem głównym a dźwigarkiem skośnym. W opisanym układzie obciążenia zginające (porównaj rys. 12) przejmowane są przez dźwigar główny, skręcanie natomiast (porównaj rys. 14) — przez obydwa kesony. Dźwigarek pomocniczy nazywany jest też skrętnym z tej przyczyny, że przenosi na kadłub moment skręcający od skrzydła. Pozostałe powierzchnie skrzydła kryte są płótnem.

Skrzydło wyposażone jest w lotkę i hamulec aerodynamicz-

ny, składający się z dwóch pionowo wysuwanych płyt, gór- 6
nej i dolnej. Zginanię przenoszone jest z dźwigara na parę 3
okuć głównych (okucie górne i okucie dolne), skręcanie natomiast przez pojedyncze okucie dźwigarka skośnego.

Na rysunku 41b pokazane jest skrzydło dwudźwigarowe z dźwigarem głównym i równoległe lub lekko zbieżnie prowadzonym dźwigarem pomocniczym. Skrzydło ma keson zwany dwuobwodowym. Jeden obwód kesonu stanowi odcinek od dźwigara głównego do przodu, drugi natomiast — odcinek między dźwigarami. Pozostałe powierzchnie skrzydła kryte są płótnem. Zginanie przenoszone jest w tym skrzydle przez dźwigar przedni, skręcanie zaś — przez obydwa obwody kesonów i dźwigar pomocniczy, który umocowany jest do kadłuba pojedynczym okuciem. Przy dźwigarze głównym znajdują się dwa okucia główne, to znaczy okucie górne i okucie dolne, obciążane momentem gnącym skrzydła.

Skrzydło wyposażone jest w dzieloną lotkę (ze względu na jej znaczną długość) i hamulec aerodynamiczny.

Dźwigar skrzydła, pod względem wytrzymałościowym, jest belką biegnącą wzdłuż całej rozpiętości skrzydła i przystosowaną do pracy na zginanie. Belka ta umocowana jest jednostronnie do kadłuba szybowca.

Z uwagi na charakter pracy, dźwigar odznacza się szczególną konstrukcją, w której główną rolę odgrywa pas górny oraz pas dolny. Są to elementy, które zależnie od kierunku obciążania dźwigara poddawane są na przemian rozciąganiu i ściskaniu. Na rysunku 42 pokazano charakterystyczne szczegóły budowy dźwigarów drewnianych. Rysunek 42*a* przedstawia przekroje dźwigarów uszeregowane od najbardziej prostych do konstrukcyjnie skomplikowanych (dźwigar ceowy, skrzynkowy, dwuteowy, dwuskrzynkowy, wieloskrzynkowy). Rysunek 42*b* wyjaśnia szczegóły budowy na przykładzie często stosowanego dźwigara skrzynkowego. Rozróżnia się tu pas górny *1*, pas dolny *5*, ścianki pokrycia *2* i *3*, rozpórki *4* oraz klocek zamykający *6*.

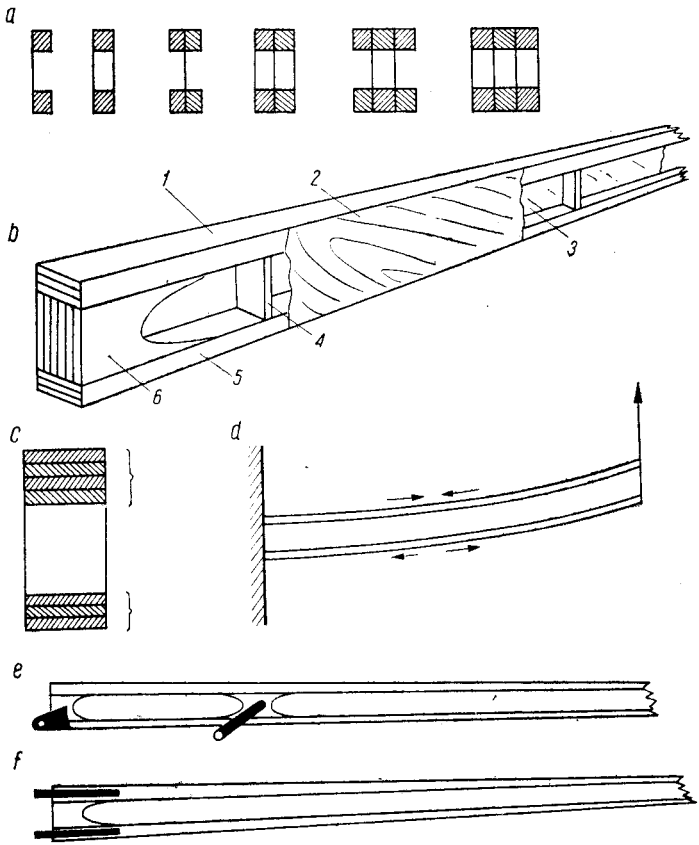
Pasy dźwigara klejone są z warstw drewna sosnowego (rys. 42*b*, *c*). Układ słojów drewna, widoczny na przekrojach poprzecznych, tak jest dobierany, aby słoje tworzyły charakterystyczny wzór „jodełki", przez co uzyskuje się dobrą sztywność i wytrzymałość dźwigara. Zazwyczaj przekrój pasa górnego jest większy niż pasa dolnego, co spowodowane jest tym, że podczas zginania skrzydła w locie normalnym jest on ściskany, a jak wiadomo, drewno ma znacznie mniejszą wytrzymałość na ściskanie niż na rozciąganie.

Ścianki dźwigara wykonane są ze sklejki w ten sposób, że jej zewnętrzne słoje przyjmują kierunek ukośny lub piono-

wy. Ścianki zapobiegają wzajemnemu zbliżaniu się pasów dźwigara i przesuwaniu się jednego pasa względem drugiego.

W miejscach, w których mają być przymocowane okucia, wklejane są do dźwigarów odpowiednie klocki.

Na rysunku 42e przedstawiono dźwigar skrzydła połączonego z kadłubem zastrzałem, który połączony jest z okuciem umocowanym do klocka wklejonego między oba pasy dźwi-



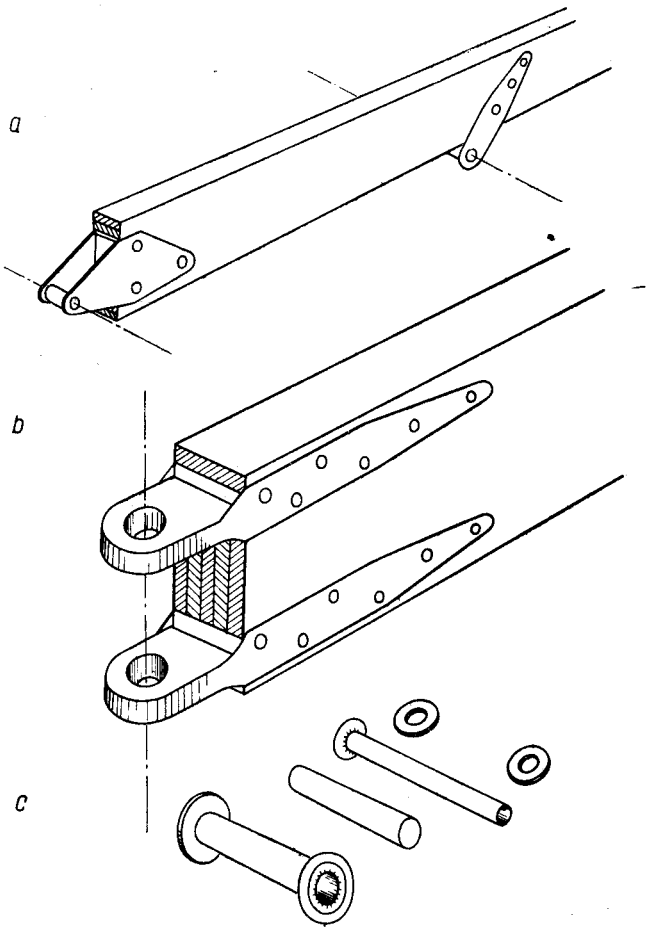
Rys. 42. Elementy konstrukcji dźwigara

gara. Klocki charakteryzują się specjalnymi kształtami, zapewniającymi łagodne przejścia przy zmianach przekrojów elementu pracującego, co jest konieczne do uniknięcia tzw. zjawiska działania karbu. Zjawisko to określa gwałtowny spadek wytrzymałości konstrukcji w miejscach o nagłych zmianach przekrojów.

Na rysunku 42f przedstawiono dźwigar skrzydła wolnonoś-

nego, w którym okucia nośne mocowane są zawsze bezpośrednio do pasów górnego i dolnego. Podobnie jak w poprzednio omawianym dźwigarze, tak i tu wymiary pasów zwiększają się w kierunku do kadłuba, co spowodowane jest rosnącym w tym kierunku momentem gnącym. 6 5

Mocowanie okuć nośnych do dźwigara przedstawiono bardziej szczegółowo na rysunku 43. Wykonane ze stalowej blachy okucia mocowane są do drewna za pomocą sworzni



Rys. 43. Umocowanie okuć głównych do dźwigarów

gwintowanych lub drążonych wewnątrz nitów rurkowych. W celu zwiększenia wytrzymałości stosuje się prowadzenie nitów wewnątrz stalowych tulejek, które są przystosowane do pracy na ścinanie. Rysunek 43*a* przedstawia mocowanie

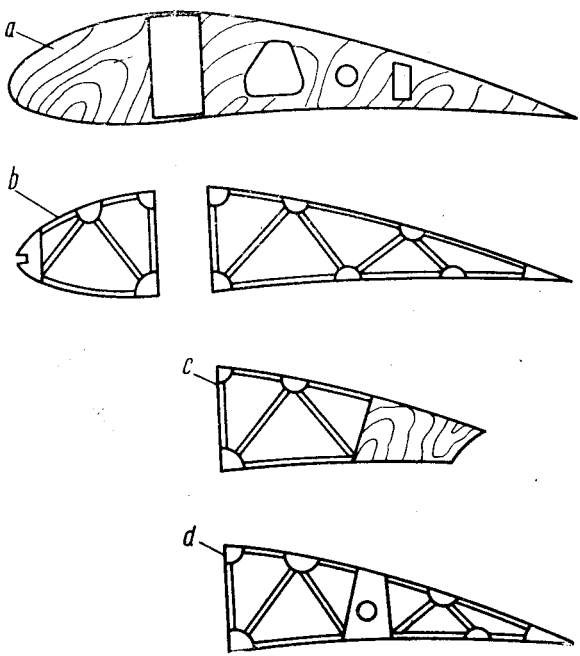
6 okuć w dźwigarze skrzydła z zastrzałem, natomiast rysu-
6 nek 43b mocowanie okuć na dźwigarze skrzydła wolnonoś-
nego. W podobny sposób mocuje się okucia na dźwigarkach pomocniczych.

Podczas zabudowy okuć szczególnej uwagi wymaga dokładność wykonania otworów w drewnie. Drewno musi mieć odpowiednią wilgotność, aby nie nastąpiło luzowanie się połączeń w późniejszym okresie (skurcz drewna — zanik docisku okuć do dźwigara).

Dźwigarki pomocnicze odznaczają się prostszą konstrukcją. Mają one najczęściej przekrój ceowy lub zwykły, skrzynkowy.

Żebra nadają skrzydłu i usterzeniom odpowiedni profil, a od dokładności ich wykonania zależą, zwłaszcza w przypadku skrzydeł, własności aerodynamiczne szybowca. Żebra przenoszą na dźwigary siły aerodynamiczne wytwarzane na powierzchniach skrzydeł i usterzeń.

W celu lepszego wyzyskania wysokości profilu do zabudowy dźwigara (wyższy dźwigar na większą wytrzymałość), buduje się najczęściej żebra jako dzielone, to znaczy składające się z części przedniej i z części zadźwigarowej (inaczej noskowe i spływowe).

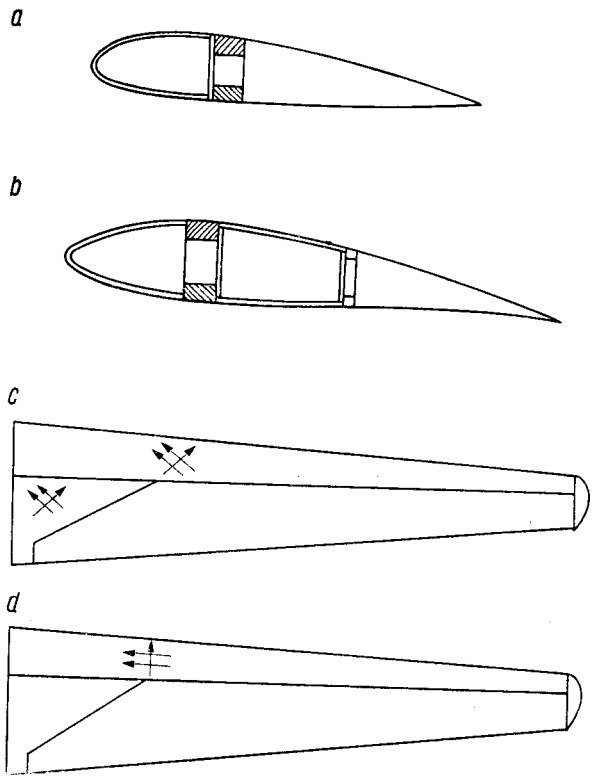


Rys. 44. Charakterystyczne odmiany żeber skrzydłowych

Konstrukcję żeber o różnym przeznaczeniu wyjaśniono na rys. 44. Na rysunku 44*a* pokazano żebro nasadowe (inaczej przykadłubowe). W porównaniu z innymi żebrami jest ono wyraźnie wzmocnione, gdyż stanowi zamknięcie dla kesonów oraz element dystansujący rozstaw okuć głównych i okucia pomocniczego. W ściance żebra widoczne są otwory przelotowe dla elementów sterowania lotką i hamulcem aerodynamicznym.

Inny charakterystyczny rodzaj żebra pokazany jest na rysunku 44*b*. Żebro to składa się z dwóch pasów, górnego i dolnego oraz z szeregu rozpórek umocowanych między pasami za pomocą okładzin sklejkowych.

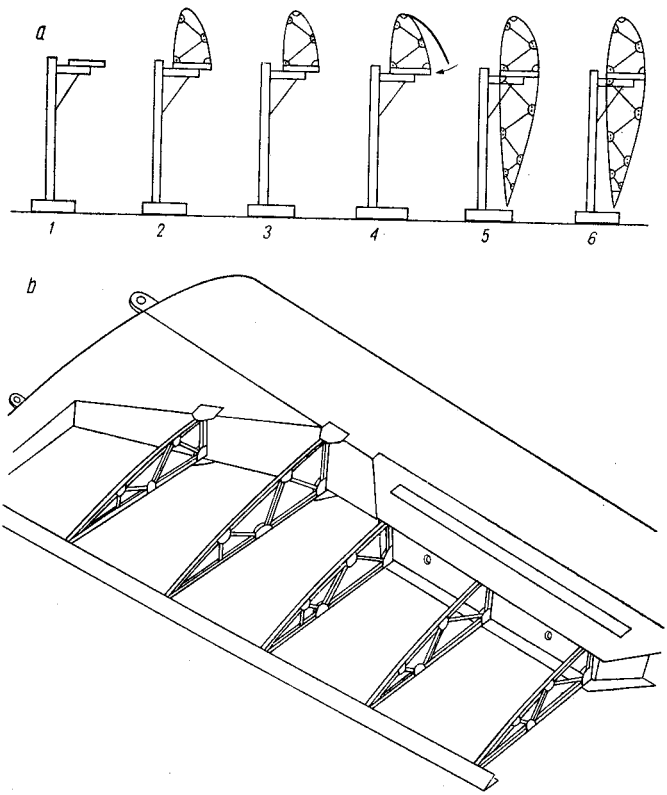
W miejscach, w których mają być mocowane lotki lub klapy, znajdują zastosowanie żebra wzmacniane przez wklejanie do ich wnętrza klocków zakrytych obustronnie sklejką. Wzmocnione w taki sposób żebro pokazane jest na rysunku 44*c*. Rysunek 44*d* przedstawia odcinek żebra z wklejonym przepustem-prowadnicą dla popychacza napędowego lotki lub hamulca.



Rys. 45. Kesony skrzydłowe jedno- i dwuobwodowe

6 Kesony są to przestrzenne elementy konstrukcji skrzydła
8 tworzące rodzaj zamkniętej rury, odpornej na skręcanie. Powstają one przez obustronne oklejenie szkieletu utworzonego przez dźwigar i żebra za pomocą sklejki. Rozróżnia się kesony jedno- i dwuobwodowe, zależnie od liczby dźwigarów w skrzydle (rys. 45*a*, *b*). Odporność na skręcanie można w kesonie zwiększyć przez skośne ułożenie słojów sklejki (rys. 45*c* i *d*).

Szczególnie trudne jest wykonanie kesonu przedniego, jeżeli jest on wytwarzany z jednego kawałka sklejki. Trudność polega na konieczności wstępnego formowania sklejki w celu nadania jej odpowiedniego kształtu. Pociąga to za sobą konieczność wstępnego moczenia na gorąco sklejki, a następnie ułożenia jej na foremniku o kształcie kesonu skrzydła. Przymocowana do foremnika sklejka pozostaje na nim aż



Rys. 46. Budowa skrzydła
a — kolejne fazy montażu, *b* — przykadłubowa część konstrukcji skrzydła

do zupełnego wyschnięcia, po czym może być klejona do szkieletu skrzydła. 6 9

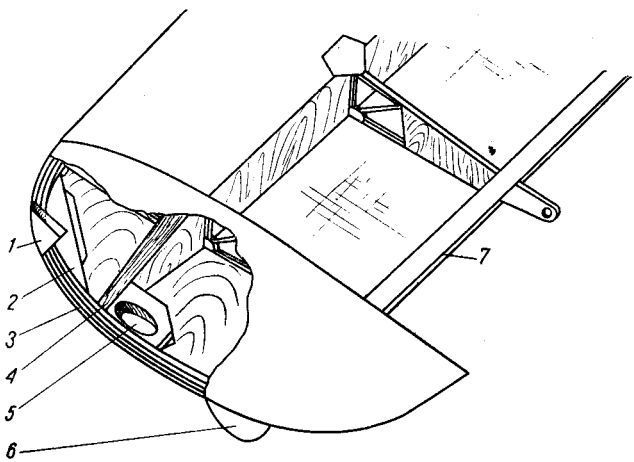
Ze względu na ważność roli, jaką odgrywają kesony, wymagana jest duża staranność tak podczas budowy, jak i w późniejszym okresie, podczas napraw skrzydła.

Kolejność operacji związanych z budową skrzydła (składanie go z uprzednio wykonanych elementów) pokazana jest na rysunku 46*a*. Na przyrządzie montażowym, składającym się z szeregu sztywnych podpórek, układany jest dźwigar *1* z umocowanymi okuciami. Następnie doklejane są do dźwigara przednie części żeber *2*, a przede wszystkim żebro nasadowe. W dalszej kolejności wklejana jest wzdłuż krawędzi natarcia skrzydła listwa natarcia *3*. Tak przygotowany szkielet wymaga teraz wyrównania i sprawdzenia geometrii przy użyciu odpowiednich profilowych sprawdzianów. Na tak przygotowaną konstrukcję może być naklejony keson przedni *4*.

Dalsze operacje polegają na doklejeniu tylnych części żeber *5* oraz dźwigarka skośnego, a następnie listwy spływu. Ostatnią czynnością na przyrządzie montażowym jest wykonanie pokryć kesonu międzydźwigarowego *6*.

W trakcie zabudowywania tylnych części żeber mocowana jest też do konstrukcji skrzydła skrzynka hamulcowa i dźwigarek przylotkowy. Wymienione tu elementy konstrukcyjne skrzydła widoczne są na rysunku 46*b* oraz 47.

Podana tu kolejność wykonywania operacji może nieco różnić się dla poszczególnych konstrukcji i procesów techno-



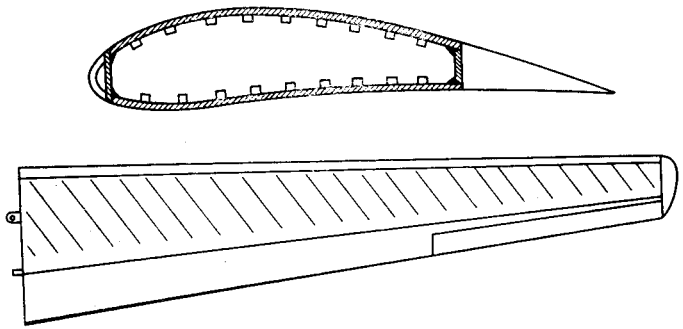
Rys. 47. Konstrukcja końcówki skrzydła

1 — światło pozycyjne, *2* — klocek, *3* — łuk skrzydłowy, *4* — dźwigarek, *5* — uchwyt, *6* — klocek wspornikowy, *7* — dźwigarek przylotkowy

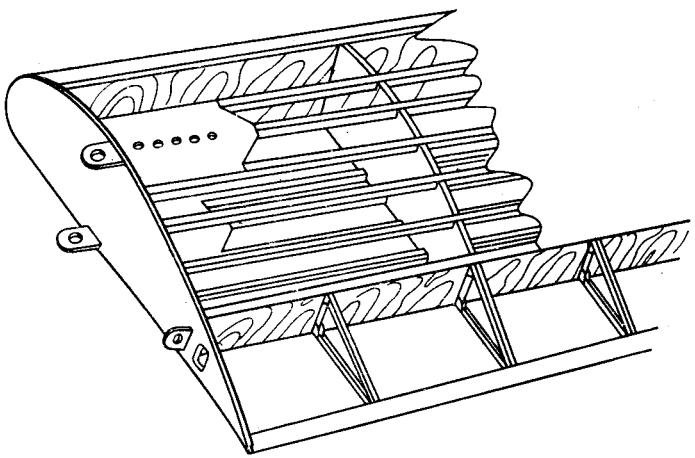
logicznych, zwłaszcza zaś w przypadku budowy skrzydła dwudźwigarowego.

Dalsze operacje wykonywane są po zdjęciu skrzydła z przyrządu montażowego i obejmują zabudowę lotki, hamulca aerodynamicznego (ew. klapy) oraz napędów sterowania. Następnie zakłada się instalację umasienia, łączącą za pomocą przewodu elektrycznego wszystkie elementy metalowe znajdujące się wewnątrz skrzydła. Po zakonserwowaniu wnętrza konstrukcji lakierem konserwacyjnym skrzydło jest gotowe do opłótnienia.

Skrzydła wielopodłużnicowe. Drewniane skrzydła wielopodłużnicowe charakteryzują się tym, że nie mają klasycznego dźwigara (rys. 48 oraz 49). Są to skrzydła o pokryciu pracującym, uformowanym w szeroki jednoobwodowy keson,



Rys. 48. Keson w skrzydle wielopodłużnicowym



Rys. 49. Konstrukcja części nasadowej skrzydła wielopodłużnicowego

sięgający przednią ścianką do listwy natarcia, a tylną ścianką aż do części lotkowej (ewentualnie klapowej). 7 1

Dźwigar skrzydłowy zastąpiony jest tu szeregiem drobnych podłużniczek, podpartych żebrami. W części wymagającej umocowania okuć nośnych podłużniczki łączą się w płaski klocek, do którego mocowane jest okucie. Rozwiązanie takie występuje tak w górnym, jak i w dolnym pokryciu skrzydła.

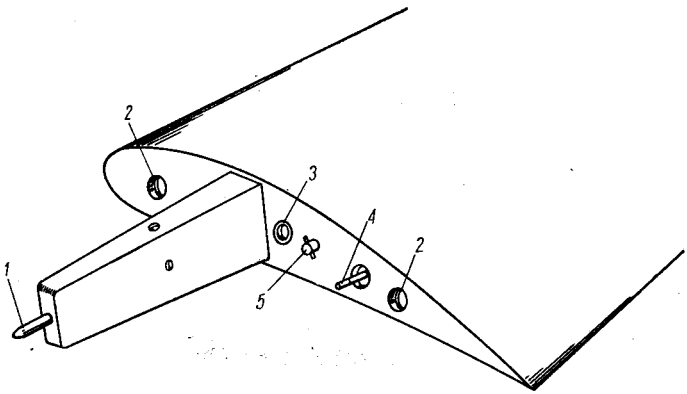
Budowa takiego skrzydła jest odmienna i wymaga odpowiedniego oprzyrządowania, na które składają się oddzielne foremniki na pokrycia górne (lewe i prawe skrzydło) oraz na pokrycia dolne (lewe i prawe skrzydło). W foremnikach tych powstają przekładkowe pokrycia skrzydła, składające się z kilku warstw sklejek lub z kombinacji sklejki z lekkim tworzywem wypełniającym. Jednocześnie w tych foremnikach wklejane są do pokrycia listwy podłużniczek z umocowanym do nich okuciem nośnym. Jeden z foremników służy za przyrząd montażowy skrzydła przy dalszych czynnościach, polegających na ustawieniu żeber i skrzynki hamulcowej, zainstalowaniu napędów sterowych i naklejeniu drugiego pokrycia.

Momenty gnące przenoszone są przy współpracy podłużniczek i pokrycia, skręcanie natomiast przez obydwa pokrycia (górne i dolne) oraz przez ścianki przednią i tylną.

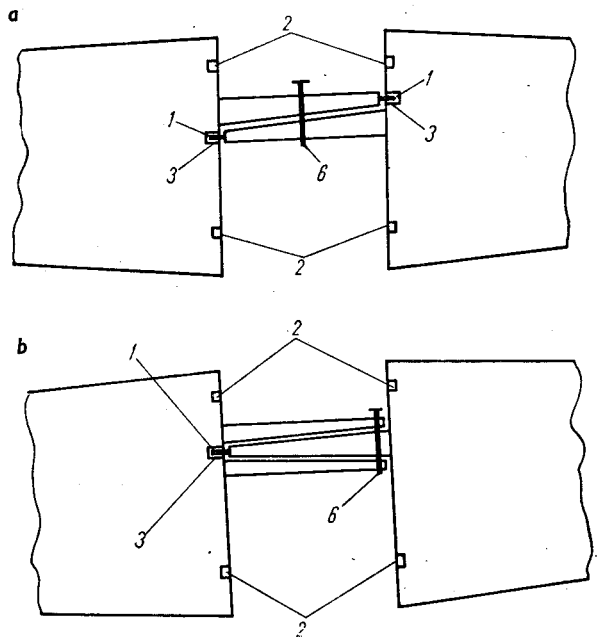
Skrzydła wielopodłużnicowe spotykane są stosunkowo rzadko. W konstrukcjach krajowych występują m. in. w szybowcach „Foka" 24-4A oraz „Pirat" SZD 30 (tylko w środkowej części skrzydła).

Skrzydła laminatowe. Skrzydła laminatowe budowane są w układzie dźwigarowym z dźwigarem dzielącym na dwie części szeroki keson, utworzony przez pokrycia górne i dolne i przez tylną ściankę, sięgającą do części przylotkowej. Dzięki właściwości zachowania kształtu przez usztywnione przekładkami pokrycia skrzydła zbyteczne jest w nich stosowanie wewnętrznych żeber. Sposób formowania pokryć laminatowych wyjaśniony jest na rysunku 24, a budowa dźwigara — na rysunku 25.

Skrzydło laminatowe ma jedynie odpowiednio mocne żebro nasadowe, do którego wlaminowane są gniazda ze stalowymi łożyskami przegubowymi o dużej średnicy. Otwory w skrajnych przegubach *2* służą do połączenia skrzydła z kadłubem, środkowy przegub *3* natomiast — do wprowadzenia czopa drugiego skrzydła (rys. 50). Wystający z żebra nasadowego króciec dźwigara zakończony jest czopem stalowym *1*, który podczas montażu szybowca wprowadzany jest do otworu w przegubie *3* lewego skrzydła. Przed wysunięciem się skrzydeł układ jest zabezpieczony sworzniem przetykanym



Rys. 50. Część nasadowa skrzydła wykonanego z laminatów
1 — czop dźwigara, *2* — gniazda przegubowe do zawieszenia kadłuba, *3* — gniazdo przegubowe czopa dźwigara drugiego skrzydła, *4* — popychacz napędu lotki, *5* — sprzęgło napędu hamulca aerodynamicznego



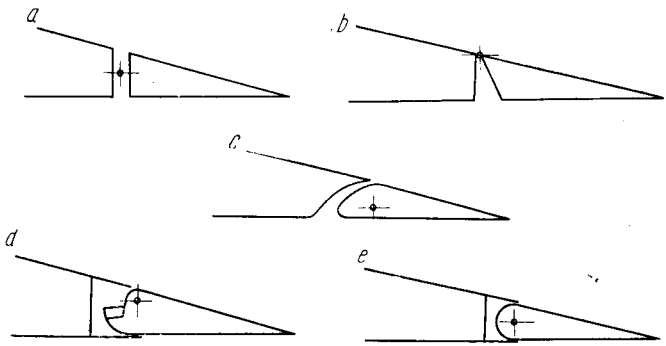
Rys. 51. Sposoby łączenia ze sobą skrzydeł laminatowych
a — układ dźwigarów na zakładkę, *b* — układ z dźwigarem rozwidlonym
1 — czop dźwigara, *2* — gniazda przegubowe do zawieszenia kadłuba, *3* — gniazda przegubowe czopów dźwigarów drugich skrzydeł, *6* — sworzeń spinający oba skrzydła

przez otwory tulei 6. Sposób montażu obu skrzydeł wyjaśniony jest na rysunku 51*a*, w którym w celu lepszej przejrzystości pominięte zostało zaznaczenie obrysu kadłuba. W nieco odmienny sposób rozwiązane jest połączenie przedstawione na rysunku 51*b*. Sworzeń 6 spinający oba dźwigary jest znacznie silniej obciążony, gdyż przenosi siły od momentów gnących skrzydeł.

W obu rozwiązaniach przedstawionych na rysunku 51 dźwigary skrzydeł spięte są ze sobą z pominięciem udziału kadłuba, który dzięki temu nie jest obciążony siłami zginającymi skrzydła. Kadłub podwieszany jest do płata za pomocą czterech czopów wchodzących w otwory przegubów 2 widoczne na rysunkach 50, 51 oraz 64.

Montaż skrzydeł z kadłubem wymaga jednoczesnego wprowadzenia wszystkich czopów w odpowiadające im otwory w przegubach. W ten sposób następuje jednoczesne sprzęgnięcie obu skrzydeł i połączenie ich z kadłubem. W niektórych konstrukcjach odbywa się jednoczesne sprzęgnięcie napędu sterującego hamulce aerodynamiczne.

Lotki. Lotki różnią się między sobą konstrukcją i własnościami aerodynamicznymi. Najbardziej charakterystyczne odmiany lotek pokazane są na rysunku 52. Jedna z pokazanych na rysunku lotek oddzielona jest od skrzydła szczeliną o szerokości zapewniającej uzyskanie odpowiednich kątów wy-



Rys. 52. Charakterystyczne odmiany lotek

chyleń. Druga lotka ma zawiasy umocowane w górnej części dźwigarka, wskutek czego, przy odpowiednim nachyleniu płaszczyzny tego dźwigarka, uzyskano możliwości jej wychylania, a szczelina została praktycznie zlikwidowana.

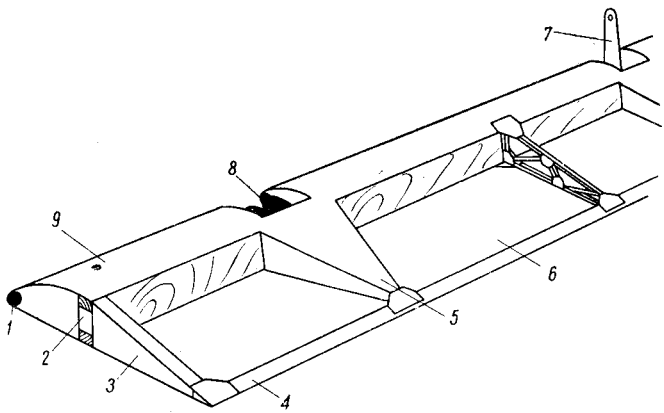
Na rysunku 52*c* przedstawiono typową lotkę szczelinową z ukształtowaną pod względem aerodynamicznym szczeliną, mającą na celu poprawienie skuteczności sterowania. Ten

rodzaj lotki stosowany był przez wiele lat w szybowcach wyczynowych i akrobacyjnych.

Na rysunku 52*d, e* przedstawiono rodzaje lotek bezszczelinowych, stosowane w nowoczesnych konstrukcjach szybowców wyczynowych. W szybowcach tych zrezygnowano ze skutecznych lotek szczelinowych na korzyść rozwiązań zapewniających uzyskanie jak największej doskonałości aerodynamicznej szybowca (jak wiadomo poprzez szczeliny następuje wyrównywanie się ciśnień, będące źródłem tzw. oporów szczelinowych).

Najczęściej konstrukcja lotki jest pochodną konstrukcji skrzydła. Oznacza to, że w skrzydłach konstrukcji drewnianej także i lotki wykonane są z drewna i najczęściej kryte tkaniną (rzadziej sklejką), podczas gdy w szybowcach laminatowych lotki mają konstrukcję przekładkową (laminat i wypełniacz z tworzywa piankowego).

Lotka przypomina swoją budową pomniejszone skrzydło, a więc przy konstrukcji drewnianej składa się z dźwigarka, żeberek, kesonu i listwy spływu. Część od dźwigarka do listwy spływu jest najczęściej pokryta tkaniną. Tego rodzaju lotka pokazana jest na rysunku 53. Jest to lotka szczelinowa, w której oś obrotu przesunięta została w kierunku dźwigar-

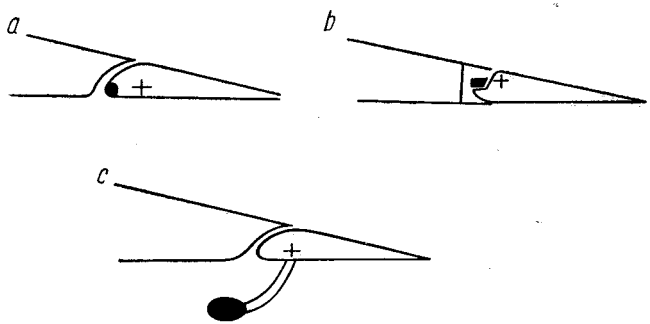


Rys. 53. Konstrukcja lotki drewnianej

ka (porównaj rys. 52c) w celu uzyskania efektu aerodynamicznego wyważenia (lub inaczej odciążenia). Rozwiązanie takie powoduje zmniejszanie sił sterowania.

W szybowcach dopuszczonych do rozwijania prędkości większych niż 200 km/h stosowane jest tzw. masowe wyważanie lotek. Polega ono na tym, że przed osią zawieszenia lotki umieszczany jest metalowy ciężarek, którego masa sprowadza środek ciężkości układu do pokrycia się z osią zawiesze-

nia lotki. Takie wyważenie lotki zapobiega występowaniu drgań samowzbudnych (flatter) lotki w zakresie dopuszczalnych prędkości. Sposoby umieszczania ciężarków wyważających są różne (rys. 54). Najczęściej i najbardziej korzystnie rozwiązuje się problem wyważenia lotki przez zamocowanie wzdłuż krawędzi natarcia stalowego pręta lub paska z ołowiu (rys. 54*a*, *b*). Mniej korzystny jest sposób pokazany na rysunku 54*c* (ciężarek ma postać skupioną i jest umocowany na wystającym pod skrzydłem wysięgniku). Rozwiązanie ta-



Rys. 54. Sposoby masowego wyważania lotek

kie jest też źródłem dodatkowych oporów, może być narażone na oblodzenie, a przede wszystkim na zaczepianie o wysoką roślinność podczas lądowania w przygodnym terenie.

Zależnie od rozpiętości szybowca, lotki różnią się długością i wydłużeniem. Lotki o mniejszej długości zawieszane są zwykle na trzech zawiasach, podczas gdy przy lotkach długich stosuje się cztery zawiasy lub dzieli się lotkę na dwie krótsze lotki. W ten sposób tworzy się lepsze warunki pracy lotek przy znacznych nieraz ugięciach skrzydeł w locie.

Lotki pracują z reguły na zasadzie różnicowości, polegającej na tym, że lotka wychylana do góry obraca się o większy kąt w stosunku do lotki opuszczanej. Zagadnienie to omówione jest obszernie w punkcie 6.

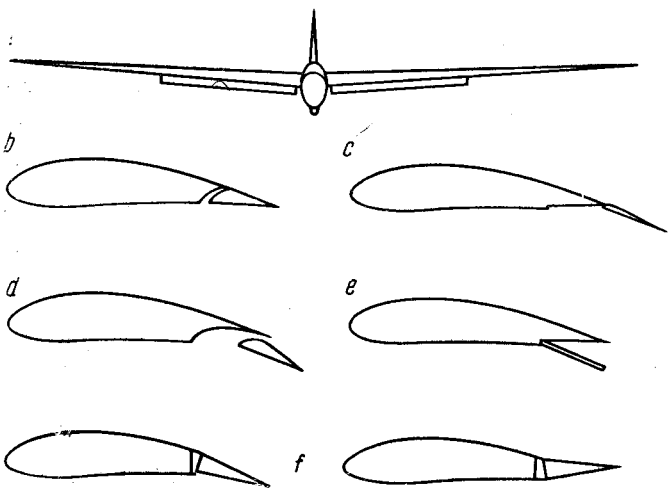
W niektórych szybowcach wyczynowych (głównie klasy otwartej) wyposażonych w klapy spotykane jest rozwiązanie polegające na tym, że z chwilą opuszczania klap następuje jednoczesne opuszczenie do dołu obu lotek, co oczywiście nie ogranicza ich normalnego funkcjonowania.

Klapy. Klapy stanowią w zasadzie urządzenie służące do zwiększania współczynnika siły nośnej skrzydła. Są one umieszczane wzdłuż spływowej części skrzydła na odcinku od lotek do kadłuba. Przez odpowiednie wychylenie klap do dołu uzyskuje się wysklepienie profilu, umożliwiające zmniejszenie prędkości i promienia krążenia lub też zmniejszenie

prędkości i długości startu i lądowania. Przy dużym kącie wychylenia klap przyrasta zdecydowanie współczynnik oporu, umożliwiając strome podejście do lądowania.

Istnieje kilka odmian klap, różniących się między sobą i konstrukcją, i efektywnością. Zasadnicze ich odmiany pokazano na rysunku 55. Na rysunku 55*b* przedstawiono szczelinową klapę wyporową, która tak pod względem konstrukcji, jak i zawieszenia nie różni się od lotki. Przy klapie nie wychylonej szczelina między klapą i skrzydłem jest zakryta i odsłania się dopiero w trakcie opuszczania klapy.

Inne odmiany klap wyporowych pokazane są na rysunku 55*c, d*. Są to klapy-poszerzacze o złożonym ruchu, podczas którego wysuwają się one do tyłu i stopniowo opuszczają krawędź spływu do dołu. Klapa pokazana na rys. 55*c* to klapa bezszczelinowa typu Zap, a klapa pokazana na rys. 55*d*, z widoczną szczeliną, to klapa typu Fowler. Obie odmiany klap powodują podczas wysuwania zwiększanie powierzchni nośnej skrzydła. Odmiennie przedstawia się klapa typu „krokodyl", pokazana na rysunku 55*e*. Wskutek widocznego na rysunku rozszczepiania spływu skrzydła klapa ta daje



Rys. 55. Odmiany szybowcowych klap wyporowych

duży przyrost współczynnika oporu i przydatna jest jedynie podczas stromego podchodzenia do lądowania. Obecnie tego rodzaju klap w konstrukcjach szybowcowych nie stosuje się. Wraz z szybowcami laminatowymi rozpowszechniły się wąskie klapy bezszczelinowe (rys. 55*f*). W rozwiązaniach takich wykorzystywane są własności sprężyste górnego pokrycia laminatowego na skrzydle, które w ten sposób spełnia rolę

zawiasu klapy. Są to najczęściej klapy o dwojakim działaniu. Opuszczane w dół poprawiają nieco własności w krążeniu przez zmniejszenie prędkości i promienia krążenia, podnoszone o kilka stopni do góry poprawiają własności przeskokowe szybowca podczas wykonywania przelotu. Stąd też nazywa się je klapami do szybkiego przeskoku. 7 7

Pod względem konstrukcyjnym klapy nie różnią się prawie wcale od lotek, to znaczy mogą mieć dźwigarek, keson, żeberka i listwę spływu. Klapy wykonywane z laminatów są ze względu na dużą sztywność pokrycia pozbawione żeber, a nawet dźwigarków, a wnętrze ich wypełniane jest całkowicie wypełniaczem piankowym.

Instalacja klap skrzydłowych komplikuje konstrukcję szybowca, zwiększa jej ciężar i podnosi koszty budowy. Umiejętne wykorzystanie efektów, jakie mogą dać klapy, uwarunkowane jest dużym doświadczeniem pilota, toteż klapy stosowane są głównie w szybowcach wysokowyczynowych.

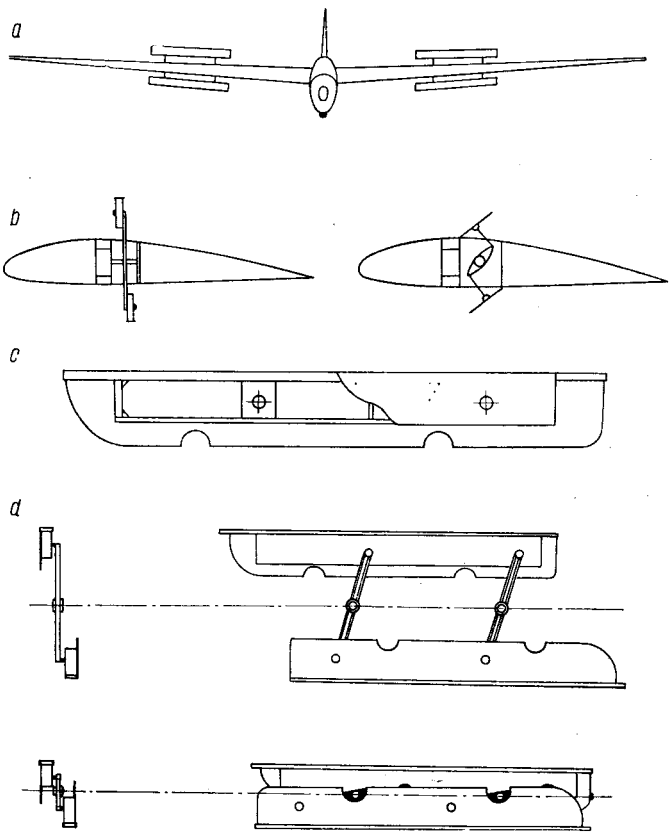
Hamulce aerodynamiczne. Hamulce aerodynamiczne wytwarzają dodatkowe opory, wpływając w ten sposób na ograniczanie prędkości nurkowania lub zmniejszanie doskonałości szybowca podczas wykonywania manewrów przed lądowaniem. Spośród hamulców umieszczanych na skrzydłach najszersze zastosowanie znalazły hamulce płytowe (rys. 56).

Rozróżnia się hamulce płytowe wysuwane (typ Schemp-Hirth) oraz hamulce wychylane obrotowo (typ DFS). Rozmieszczenie płyt hamulcowych na skrzydłach pokazane jest na rysunku 56*a*. Rysunek 56*b* wyjaśnia różnice w sposobie wysuwania hamulców, dalsze natomiast dotyczą konstrukcji drewnianych płyt hamulcowych i ich położenia w stanie zamkniętym i otwartym (rys. 56*d*). Zastosowanie płyt metalowych umożliwia lepsze wykorzystanie przestrzeni w skrzynce hamulcowej, co z kolei pozwala na konstruowanie hamulców „piętrowych", składających się z dwóch płyt górnych i dwóch płyt dolnych.

Szczególnie dużo uwagi poświęca się hamulcom zabudowanym w skrzydłach o profilu laminarnym, ze względu na konieczność zachowania dużej gładkości powierzchni. W miarę możliwości zabudowuje się więc hamulce na odcinku skrzydła, w którym przepływ utracił już charakter laminarny. Niezależnie od tego nakładki na płytach hamulcowych są starannie dopasowywane do wykrojów w pokryciu skrzydła. W celu zapewnienia dobrego przylegania, nakładki mocowane są do płyt poprzez podkładki sprężynowe, a zawieszenia nakładek jest częściowo przegubowe. Chowane płyty dociągają poprzez sprężyny nakładki, które dzięki temu dobrze przylegają i dopasowują się do powierzchni skrzydła. W rozwiązaniu takim wymagana jest dokładna regulacja napięcia

sprężyn, uwzględniająca skłonność do wysysania nakładek podczas lotu ze zwiększoną prędkością.

Zastrzały. Zastrzały są elementami nośnymi stosowanymi w dawnych konstrukcjach szybowców do łączenia skrzydeł i usterzeń z kadłubem. Zaletą układu zastrzałowego jest większa prostota konstrukcji, a istotne wady stanowi przy-



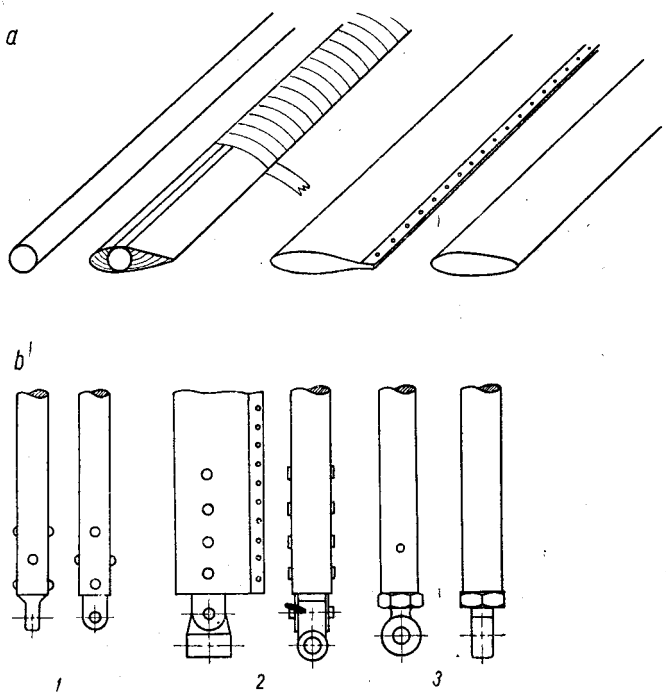
Rys. 56. Konstrukcja hamulców aerodynamicznych

rost oporów szkodliwych i ciężaru. Możliwość stosowania zastrzałów przy skrzydłach odnosi się jedynie do szybowców o układzie górnopłata (porównaj rys. 1, 2, 3).

W uproszczonych konstrukcjach szybowców szkolnych stosowane były dawniej zastrzały drewniane, zaopatrzone na obu końcach w metalowe okucia. Pozostałe konstrukcje wyposażone były w zastrzały metalowe, wykonane z rur stalowych, rzadziej z blachy duralowej (rys. 57). Zastrzały mogą być wykonywane z rur o przekroju okrągłym, a w celu

zmniejszenia ich oporów mogą być profilowane za pomocą lekkich drewnianych nakładek, umocowanych przez taśmowanie. Specjalnie do celów lotniczych produkowane są też rury ze stali i duralu o przekroju kroplowym. Przy produkcji jednostkowej lub małoseryjnej możliwe jest wykonywanie zastrzałów o przekroju kroplowym z odpowiednio zawiniętej blachy duralowej, którą się następnie nituje wzdłuż tylnej krawędzi.

Okucia znajdujące się na obu końcach zastrzałów są zwykle w zastrzałach stalowych spawane, a w zastrzałach duralowych nitowane. Najczęściej jedno z dwóch okuć wyposażone



Rys. 57. Odmiana zastrzałów do skrzydeł i usterzenia wysokości

jest w gwintowaną końcówkę regulacyjną, za pomocą której można zmieniać w ograniczonym zakresie długość zastrzału. W celu eliminowania niepożądanych naprężeń końcówki wyposaża się w specjalne przeguby (rys. 57*b*).

Podczas lotu zastrzały są poddawane obciążeniom rozciągającym lub ściskającym. Na skutek znacznej smukłości kształtu zastrzały są podatne na wyboczenia, o czym należy pamiętać podczas użytkowania szybowca.

Z punktu widzenia aerodynamiki kadłub stanowi „szkodliwy" zespół szybowca, gdyż nie wytwarzając siły nośnej sam jest źródłem bardzo istotnych oporów. Jest to jednak zespół niezbędny, jako połączenie płata z usterzeniami, mieszczący załogę z wyposażeniem i tworzący „pojazdową" część szybowca poruszającego się po ziemi. Nawet sporadycznie budowane szybowce tzw. bezkadłubowe z konieczności wyposażone są w krótki kadłub zaopatrzony w podwozie, mieszczący załogę.

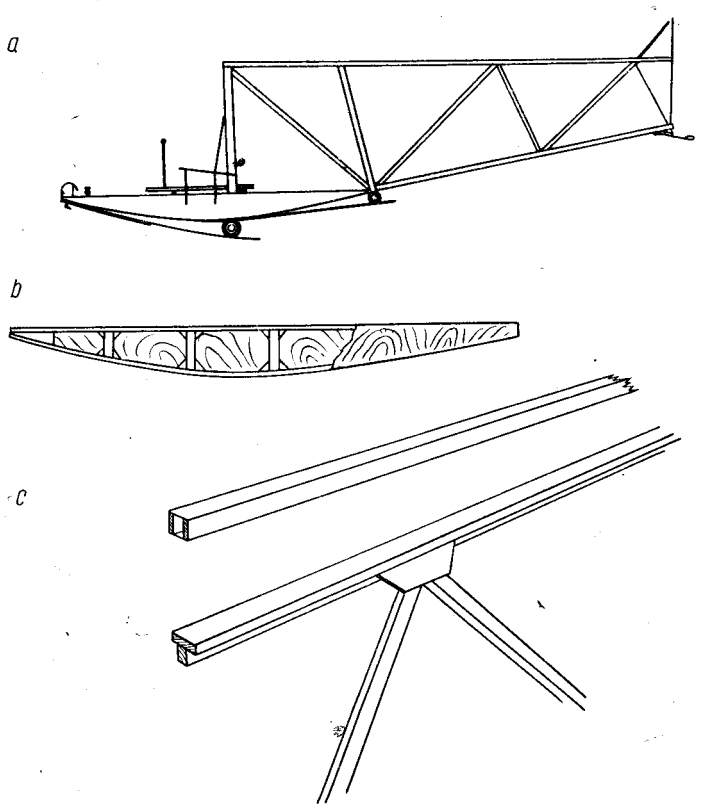
Obciążenia, jakim poddawany jest kadłub konwencjonalnego szybowca, omówione zostały w rozdziale I. Konstrukcja kadłuba musi zapewniać jak największe bezpieczeństwo załogi. Największe zagrożenie załogi występuje podczas lądowania przy czołowym zderzeniu z przeszkodą (także podczas przewrócenia się szybowca na plecy, tzw. kapotażu, który to jednak przypadek jest dla szybowca mało prawdopodobny). W odróżnieniu od układów przyjętych w samolotach sportowych, układ szybowca przewiduje miejsce dla pilota w przedniej części kadłuba, co dyktuje konieczność zachowania odpowiedniego położenia środka ciężkości szybowca. Pilot znajduje się więc w najbardziej zagrożonej części kadłuba, podczas gdy prawie cała masa szybowca znajduje się poza jego plecami. Łagodzenie skutków czołowego zderzenia może być osiągnięte przez odpowiednią konstrukcję kadłuba oraz przez zastosowanie najbardziej korzystnego materiału konstrukcyjnego. Praktyka potwierdziła wielokrotnie dodatnie właściwości kadłuba laminatowego, którego skorupa — wraz z laminatowym fotelem — zapewniają najwyższy z osiągalnych dotychczas stopień bezpieczeństwa. Na drugim miejscu można sklasyfikować kadłuby kratownicowe z rur stalowych, a dopiero na trzecim miejscu — kadłuby konstrukcji drewnianej.

Ze względu na rodzaj konstrukcji rozróżnia się kadłuby o konstrukcji kratownicowej, o konstrukcji kratownicowej z pokryciem współpracującym oraz kadłuby o konstrukcji skorupowej (czyli o pokryciu pracującym).

Kadłuby kratownicowe dzielą się na kadłuby o kratownicach płaskich i o kratownicach przestrzennych. Kratownice płaskie charakterystyczne były dla jednomiejscowych szybowców do szkolenia podstawowego i szybowców przejściowych. Pokazane na rysunkach 58 i 59 kadłuby stanowią kratownicę płaską mającą sztywność jedynie w płaszczyźnie kraty. Pociąga to za sobą konieczność bocznego usztywnienia

kadłuba za pomocą układu linek widocznych na rysunkach 1 8 oraz 59. 1

Podstawowym elementem kadłuba o drewnianej konstrukcji kratownicowej jest tzw. skrzynka (rys. 58b). Do skrzynki mocowana jest kratownica, której dwa pierwsze pionowe stojaki dźwigają skrzydła, mocowane są także zastrzały skrzydłowe, płozy ślizgowe podwozia, sterownice i fotel pilota oraz haki lub zaczepy startowe. Kratownica składa się z belki górnej i dolnej oraz z szeregu łączących je stojaków



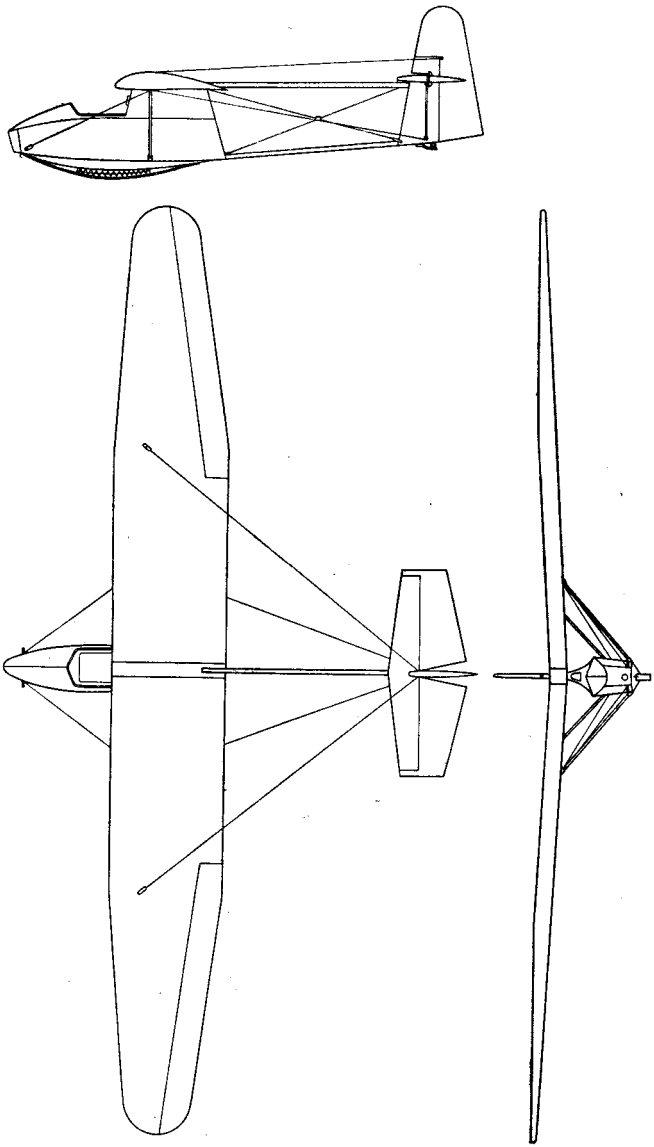
Rys. 58. Elementy konstrukcyjne kadłuba kratowego

i rozpórek. Belki podłużne i pozostałe elementy kratownicy mogą mieć konstrukcję skrzynkową lub teową (rys. 58c). Połączenia belek z pozostałymi elementami tworzą węzły (patrz rys. 18c).

Na uwagę zasługuje nie spotykana już obecnie konstrukcja pokazana na rysunku 59. Przedstawia ona popularny niegdyś szybowiec przejściowy (z szybowca szkolnego — kratowni-

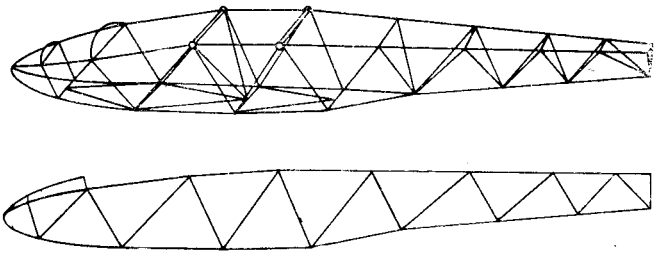
8 cowego na szybowiec kadłubowy) „Salamandra". W celu
2 oswojenia ucznia z kabiną, zastosowano w tym szybowcu lekką kabinkę ze sklejki przechodzącą za skrzydłem w układ dwubelkowy wykrzyżowany stalowymi drutami.

Kratownicowe kadłuby przestrzenne budowane są wyłącznie



Rys. 59. Szybowiec przejściowy „Salamandra"

z rur stalowych i znajdują w niektórych krajach zastosowanie w szybowcach wyczynowych. Najczęściej kadłuby te przechodzą poza skrzydłem w przekrój trójkątny z wierzchołkiem odwróconym do dołu. Przody kadłubów kryte są laminatem lub blachą, a dalsze odcinki — tkaniną. Kratownice przestrzenne odznaczają się dobrą sztywnością na zginanie i skręcanie. W celu uzyskania bardziej aerodynamicz- 8 3



Rys. 60. Konstrukcja kadłuba kratowego z rur stalowych

nego kształtu stosuje się na nich, obok wyprofilowanych części przednich, wzdłużne lekkie listewki, podtrzymujące tkaninę pokrycia. Charakterystyczna kratownica takiego kadłuba pokazana jest na rysunku 60.

Do budowy kratownic stosowane są cienkościenne stalowe rury ciągnione (bez szwu) o średnicach od 10 do 25 mm, odznaczające się dobrą spawalnością. Przykłady wzdłużnego łączenia rur oraz połączenia węzłowego z rur pokazano na rysunku 26.

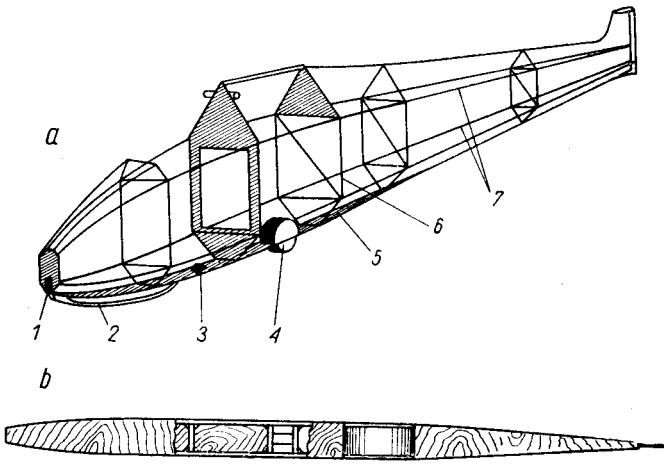
Kadłub o pokryciu współpracującym składa się ze szkieletu (rodzaj kratownicy przestrzennej) i umocowanego do niego sztywnego pokrycia, zdolnego do przenoszenia pewnych obciążeń, a więc współpracującego ze szkieletem. W konstrukcjach szybowcowych jest to prawie wyłącznie kadłub drewniany z pokryciem sklejkowym.

Szkielet kadłuba stanowią wręgi i podłużnice widoczne na rysunku 61. Przyjmuje się, że siły rozciągające i zginające kadłub przenoszone są przez podłużnice, natomiast siły skręcające kadłub przenoszone są przez pokrycie sklejkowe. Tego rodzaju konstrukcja zwana jest także półskorupową. W konstrukcjach szybowców stosowane są dwa rodzaje przekrojów kadłubów, sześciokątny i owalny (szczególny przypadek to kadłub o przekroju okrągłym). W kadłubie sześciokątnym występuje sześć podłużnic, a w pozostałych cztery. Przykłady konstrukcji chrakterystycznych wręg pokazane są na rysunku 62.

Wręgi sześciokątne znajdują zastosowanie w kadłubach szybowców nie wymagających starannego opracowania aero-

dynamicznego, a więc w szybowcach szkolnych i treningowych, owalne natomiast w szybowcach wyczynowych. Wręgi owalne i okrągłe mają pasy klejone w przyrządzie z kilku cienkich listewek sosnowych (łatwość gięcia). Dla usztywnienia łuki wręg oklejane są jednostronnie fartuchami ze sklejki, a przez krótszą średnicę wręgi poprowadzona jest zwykle sosnowa rozpórka.

Wręgi tzw. nośne, do których mocowane są okucia skrzydłowe, są odpowiednio wzmocnione (rys. 62*b*). Wewnątrz wręg wklejane są klocki; z zewnątrz wręgi są obustronnie pokryte sklejką. Obok wręg nośnych odpowiednie wzmocnienia mają wręgi, do których mocowane są zaczepy startowe, elementy



Rys. 61. Elementy kadłuba konstrukcji drewnianej
a — szkielet kadłuba, *b* — deska kilowa kadłuba, *1* — zaczep przedni, *2* — płoza przednia, *3* — zaczep dolny, *4* — koło podwozia, *5* — deska kilowa, *6* — wręga, *7* — podłużnica

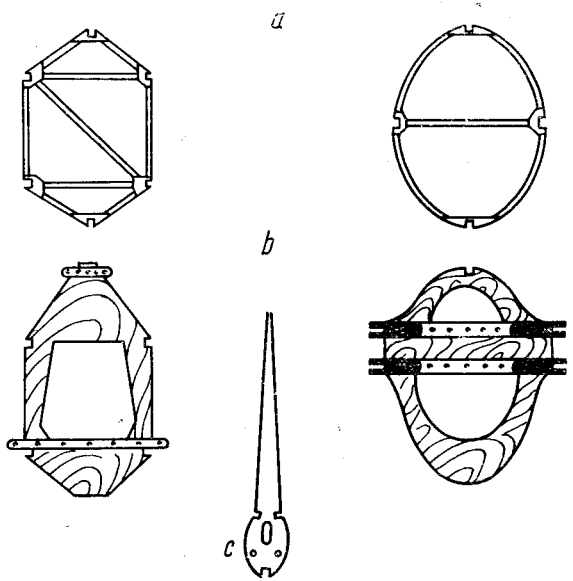
podwozia lub okucia usterzeń. Zwykle ostatnia wręga jest jednocześnie dźwigarkiem statecznika pionowego wyposażonym w okucia do zawieszenia steru kierunku (rys. 62*c*).

Podłużnice kadłuba, w liczbie od 4 do 6, mają zwykle jednakowy przekrój. Wyjątek stanowi podłużnica dolna, która w części podskrzydłowej i przedniej przechodzi w rozszerzoną odpowiednio deskę kilową. Utworzone w ten sposób spłaszczenie kadłuba umożliwia wygodną zabudowę haka startowego do lin gumowych, dolnego zaczepu do startów za wyciągarką, a także elementów łączących podwozie z kadłubem (rys. 61*b*).

Kadłub budowany jest na specjalnych przyrządach montażowych. Budowę rozpoczyna się od ustawienia kompletu wręg wyposażonych już w niezbędne okucia. Drugą czyn-

ścią jest zabudowa podłużnic oraz szeregu dodatkowych listew i klocków wzmacniających lub uzupełniających konstrukcję (np. burty kabiny, dźwigarki do mocowania podłogi i podwozia). Dalszą czynnością jest częściowe pokrycie szkieletu sklejką. 8 5

Pokrywanie sklejką kadłubów płaskościennych nie nastręcza żadnych trudności. W kadłubach o przekrojach owalnych i kołowych promienie gięcia są w stosunku do grubości stosowanych sklejek na tyle duże, że poza nielicznymi wyjąt-



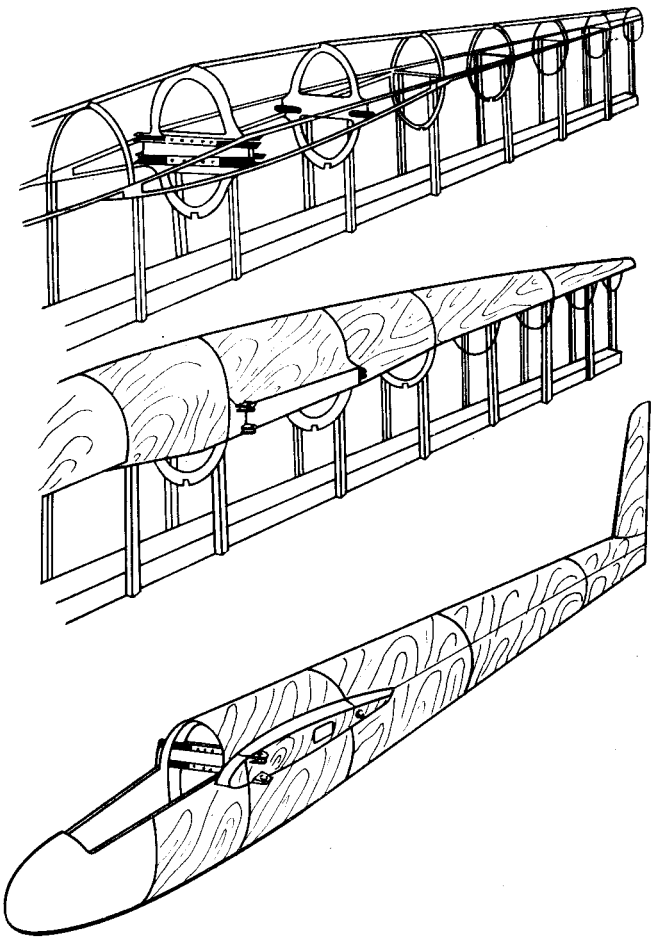
Rys. 62. Charakterystyczne wręgi kadłuba konstrukcji drewnianej

kami sklejka może być formowana na sucho, to znaczy bez potrzeby moczenia jej i wstępnego gięcia na foremnikach. Podczas wykonywania pracy musi być zwracana uwaga na gatunek sklejki, jej grubość i kierunek słojów na zewnętrznych okładzinach arkuszy. Łączenie odcinków sklejek może być wykonywane tylko wzdłuż wręg i podłużnic.

Najczęściej kadłub jest budowany w pozycji odwróconej, toteż istnieje możliwość zakrycia sklejką tylko dolnej połowy szkieletu. Po ukończeniu tej czynności kadłub zdejmuje się z przyrządu i ustawia w normalnej pozycji w drugim przyrządzie. Następne czynności to wykonanie statecznika kierunku, montaż urządzeń sterowniczych wewnątrz kadłuba oraz wykonanie wszystkich prac, które nie mogłyby być wykonane po całkowitym pokryciu kadłuba sklejką.

8 6 **Po** zakończeniu wymienionych czynności wnętrze kadłuba jest konserwowane lakierem. W najniżej położonych miejscach wykonuje się teraz otworki drenażowe do odprowadzania wody, jaka może dostać się do wnętrza podczas użytkowania szybowca. Z chwilą pokrycia górnej połowy kadłuba sklejką kadłub uzyskuje już pełną sztywność skrętną i może być zdjęty z przyrządu w celu przekazania do prac wykończeniowych. Poszczególne fazy budowy kadłuba drewnianego pokazane są na rysunku 63.

W kadłubie o pokryciu pracującym wewnętrzny szkielet zredukowany jest do minimum, a elementem przejmującym

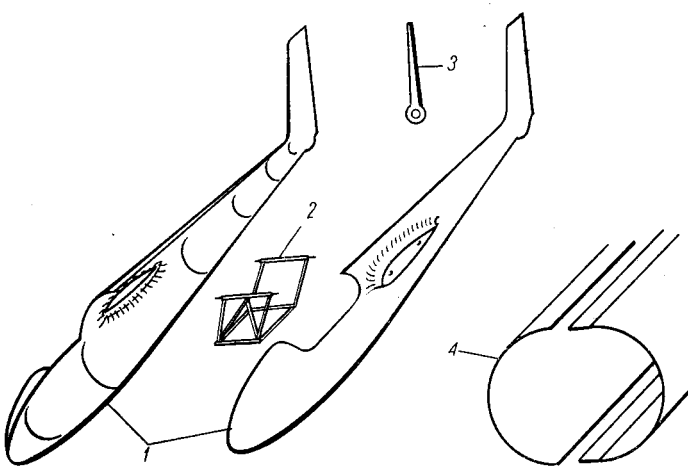


Rys. 63. Kolejne fazy budowy kadłuba konstrukcji drewnianej

wszystkie rodzaje obciążeń jest jego pokrycie. Pokrycie takie może być wykonane ze sklejki, z blachy lub z laminatu. W konstrukcjach szybowcowych mamy najczęściej do czynienia z pokryciem laminatowym. 8 7

Kadłuby laminatowe nie mają na ogół konstrukcji przekładkowej, charakterystycznej na przykład dla skrzydeł, w których pokrycia usztywnione są wypełniaczami piankowymi, wlaminowanymi między warstwy tkanin. Jedynie miejsca narażone na działanie siły zewnętrznej są odpowiednio wzmocnione przez miejscowe zwiększenie liczby warstw tkaniny lub wlaminowanie pasm rowingu. W części centralnej, w której łączy się kadłub ze skrzydłami i gdzie zabudowane jest podwozie, konieczne jest wbudowanie fragmentu kratownicy rurowej, która przenosi siły ze skrzydeł i kadłuba na podwozie. Do tej kratownicy zabudowane są cztery stalowe czopy, za pomocą których łączy się kadłub ze skrzydłami (porównaj rys. 51 oraz rys. 64).

Technologia wykonywania elementów kadłuba jest zbliżona do technologii stosowanej przy budowie skrzydeł i usterzeń



Rys. 64. Podzespoły kadłuba laminatowego przed złożeniem
1 — połówki kadłuba, 2 — kratownica z rur, 3 — dźwigarek statecznika kierunku, 4 — sposób łączenia połówek kadłuba

laminatowych. Gotowy na surowo kadłub, jeszcze bez wyposażenia, poddawany jest wygrzewaniu w temperaturze kilkudziesięciu stopni.

Osłony kabin. Osłony kabin są w nowoczesnych szybowcach wykonywane z jednego arkusza szkła organicznego. Spotykane są osłony całkowicie odejmowane (otwierane, odsuwane) oraz osłony składające się z dwóch części, to znaczy ze sta-

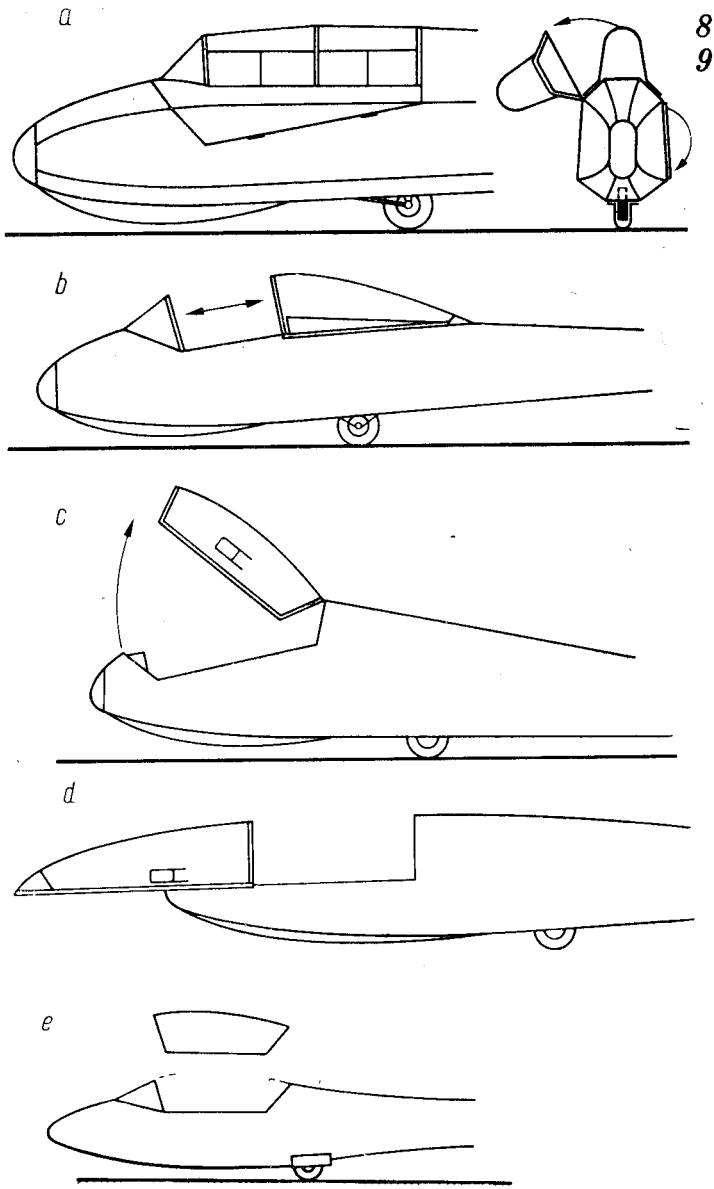
lego wiatrochronu i z części ruchomej. Zaletą tych drugich jest to, że np. w przypadku samowolnego odpadnięcia w locie osłony ruchomej pilot jest chroniony przed działaniem silnego strumienia powietrza. Konstrukcyjne odmiany osłon pokazane są na rysunku 65.

Każda osłona składa się ze sztywnej ramy i z oszklenia. Ramy wykonywane są ze spawanych rurek stalowych, rzadziej z drewna. W szybowcach laminatowych ramy wykonuje się z pasm rowingu zbrojonych wewnątrz rurkami. Na obwodzie ramy znajdują się w odpowiednich miejscach zawiasy lub zaczepy służące do mocowania osłony na kadłubie. Najwięcej trudności sprawia mocowanie oszklenia do ramy. Szkło organiczne odznacza się znacznymi skurczami cieplnymi, dającymi w efekcie, zwłaszcza w dużych osłonach, deformacje, a nawet pęknięcia. Zjawisku temu sprzyja mocowanie oszklenia do ram przez klejenie lub przykręcanie wkrętami bez uwzględnienia odpowiedniego luzu. Zabudowywanie oszklenia z luzem — stosowane w budowie samolotów — zwiększa ciężar szybowca i pogarsza jego własności aerodynamiczne wskutek odstawania od powierzchni oszklenia ramek przytrzymujących oszklenie.

Niezależnie od instalowania w przodzie kadłuba nawiewnika, kierującego do kabiny strumień świeżego powietrza, każda osłona wyposażona jest z lewej strony w małe odsuwane okienko. Stosowanie takiego okienka ma tę zaletę, że w przypadku oblodzenia kabiny okienko (np. w locie wysokościowym), umożliwia ograniczoną obserwację terenu. W niektórych typach szybowców nawiewniki umieszczane są bezpośrednio na osłonie kabiny.

W przypadku konieczności szybkiego opuszczenia kabiny (skok ze spadochronem) każda osłona może być odrzucona w locie. Osłonę odejmowaną odrzuca się przez otwarcie zamków blokujących, natomiast odrzucenie osłony umocowanej na zawiasach wymaga sprawnego zwolnienia osłony z zawiasów za pomocą specjalnej dźwigni awaryjnej, uruchamianej przez pilota. Dźwignia połączona jest cięgłem ze sworzniami zawiasów, tak że jednym jej ruchem zwalnia się jednocześnie wszystkie zawiasy.

Połączenia skrzydło—kadłub. Rozwiązania konstrukcyjne połączenia skrzydeł z kadłubem zależą przede wszystkim od przyjętego układu konstrukcyjnego szybowca, a głównie od tego, czy jest to szybowiec zastrzałowy, czy wolnonośny. W konstrukcjach, w których każde ze skrzydeł jest oddzielnie łączone z kadłubem, stosuje się trzypunktowe zawieszenia skrzydła (tzn. za pomocą trzech sworzni). W układzie zastrzałowym jest to sworzeń w okuciu dźwigara głównego, sworzeń przy zastrzale i tylny sworzeń przy dźwigarku skoś-



Rys. 65. Odmiany osłon kabin szybowcowych

nym. W przypadku szybowca wolnonośnego jest to sworzeń przy górnym okuciu dźwigara głównego, sworzeń przy dolnym okuciu dźwigara głównego i trzeci sworzeń przy dźwigarku skośnym (pomocniczym). Omawiane tu sposoby łączenia wyjaśniają rysunki 30, 31, 41 oraz 49, przedstawiające miejsca mocowania okuć skrzydłowych oraz odpowiadający im rysunek 62, na którym pokazano wręgi nośne kadłuba. W konstrukcjach, w których dźwigary skrzydłowe łączą się ze sobą bezpośrednio (rys. 51) połączenie z kadłubem rozwiązane jest w sposób odmienny, gdyż konstrukcja kadłuba nie przenosi sił powodujących zginanie skrzydeł. Tego rodzaju rozwiązania występują w szybowcach „Foka", „Cobra" i „Jantar".

Dokładniejsze zilustrowanie rozwiązań konstrukcyjnych połączeń skrzydeł z kadłubami, wraz z informacjami dotyczącymi prac montażowych, omówiono w rozdziale traktującym o montażu szybowców.

4/III

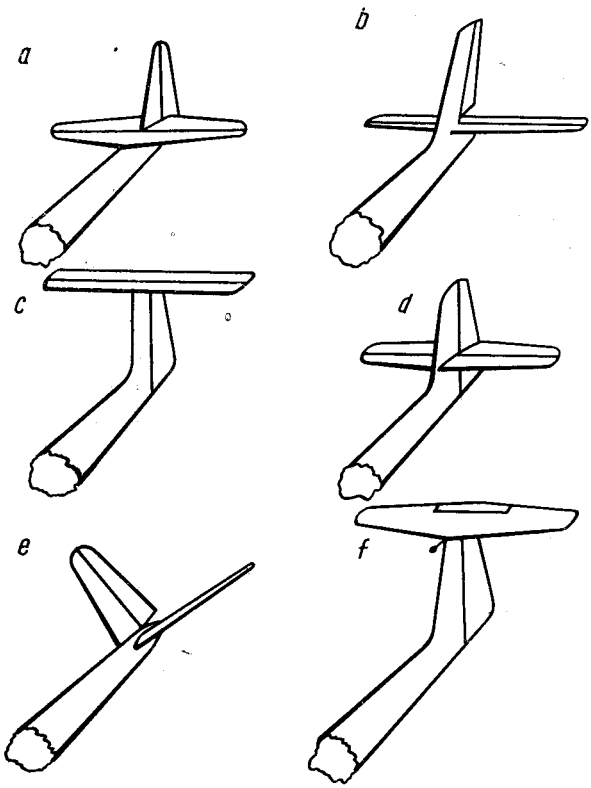
USTERZENIA SZYBOWCA

Usterzenia szybowca zabudowane są zwykle w tylnej części kadłuba i dzielą się na usterzenia wysokości i usterzenia kierunku. Przez usterzenie rozumie się jego całość, a więc część nieruchomą, zwaną statecznikiem, oraz część ruchomą, zwaną sterem.

Usterzenia szybowców budowane są w różnych układach charakteryzujących się odmiennymi własnościami aerodynamicznymi, zaletami użytkowymi oraz konstrukcją i kształtem. Przykłady najczęściej występujących układów przedstawione są na rysunku 66. Należy rozróżnić układ konwencjonalny, składający się z oddzielnego usterzenia wysokości i oddzielnego usterzenia kierunku, oraz układ motylkowy, pokazany na rysunku 66*e*. Układ motylkowy, składający się z dwóch połówek usterzeń, ustawionych ze znacznym wzniosem, spełnia zarazem rolę usterzenia wysokości i usterzenia kierunku. Symetryczne dla obu sterów wychylenia dają efekty właściwe usterzeniu wysokości, niesymetryczne natomiast powodują powstawanie bocznej siły składowej, właściwej dla działania steru kierunku. Usterzenie motylkowe, mimo pewnych zalet (jak np. zmniejszenie ciężaru i oporów usterzeń), jest dość rzadko stosowane.

Najczęściej stosowany jest układ konwencjonalny w różnych odmianach dotyczących usytuowania usterzenia wysokości. Najbardziej znany jest układ pokazany na rysunku 66*a*,

w którym usterzenie wysokości umieszczone jest na kadłubie z wyprzedzeniem w stosunku do usterzenia kierunku. Rzadziej występuje rozwiązanie pokazane na rysunku 66*b*, w którym usterzenie wysokości umieszczone jest za sterem kierunku. Przy takim rozwiązaniu możliwe jest zastosowanie niedzielonego steru wysokości, co upraszcza konstrukcję, ale też nastręcza pewne niedogodności użytkowe, wynikają-



Rys. 66. Układy usterzeń stosowane w budowie szybowców

ce z małej odległości usterzenia od powierzchni ziemi. Jest to szczególnie kłopotliwe podczas lądowania w terenie przygodnym, gdyż grozi urwaniem usterzenia wskutek zaczepienia o wysoką roślinność.

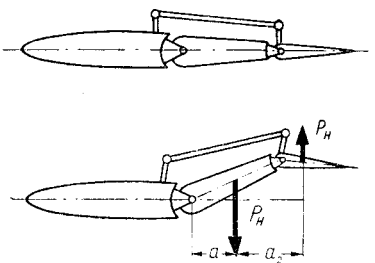
Tych ujemnych cech pozbawione są usterzenia wysokości zabudowywane nad usterzeniem kierunku (rys. 66*c*). Takie usterzenia mają też na ogół korzystniejsze pod względem aerodynamiki warunki pracy. Znaczne oddalenie masy usterzenia wysokości od osi podłużnej kadłuba daje jednak

względem tej osi duży moment bezwładności, wskutek czego podczas nieprawidłowego lądowania — z trawersem lub zarzucaniem ogona — możliwe jest uszkodzenie zawieszeń usterzeń lub ukręcenie się kadłuba (porównaj rys. 11).

Kompromisowym rozwiązaniem, mającym eliminować omawiane tu niedogodności eksploatacyjne usterzeń wysokości, jest układ pokazany na rysunku 66*d*, w którym usterzenie wysokości umieszczone zostało nieco ponad kadłubem w bezpiecznej odległości od ziemi.

W niektórych szybowcach wyczynowych spotykane są usterzenia wysokości tzw. płytowe, to znaczy pozbawione statecznika (rys. 66*f*), odznaczające się bardzo dobrą skutecznością, ale też nie zapewniające dobrej stateczności podłużnej szybowca.

Zależnie od ciężaru załogi, położenia klap skrzydłowych i prędkości lotu na usterzeniu wysokości występują zmienne siły, dające się odczuć na drążku sterowym. Dlatego konieczne jest „wyważenie" szybowca dla poszczególnych konfiguracji i stanów lotu. Do tego celu służą najczęściej klapki wyważające (trymery) umieszczane przy krawędziach spływu steru wysokości. Klapki te sterowane są z kabiny pilota i mogą wychylać się (ustawiać się) w górę i do dołu w określonym zakresie. Zasadę działania klapki wyważającej wyjaśnia rysunek 67. Klapka ustawiona do góry tworzy moment dążący do opuszczenia steru wysokości i odwrotnie — klapka ustawiona do dołu dąży do uniesienia steru wysokości. Działanie klapki odbywa się kosztem pewnych strat



Rys. 67. Zasada działania klapki wyważającej

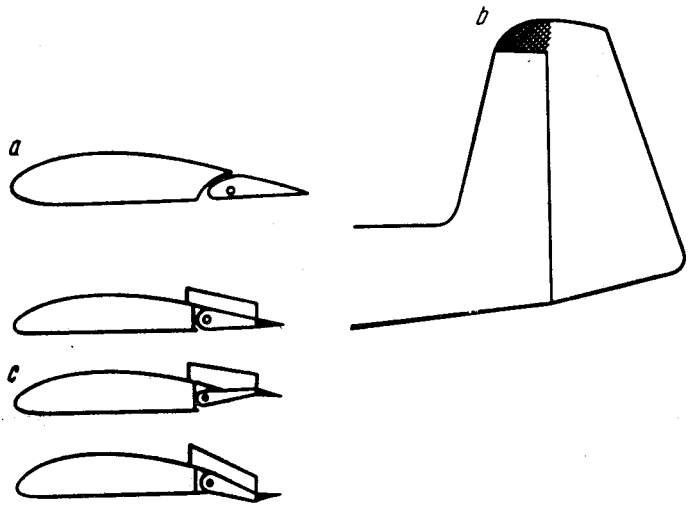
aerodynamicznych, toteż w niektórych szybowcach wyczynowych spotyka się zamiast klapki specjalne wyważenie sprężynowe zabudowane przy sterownicy ręcznej. Aby wyważyć szybowiec na odpowiednią prędkość, pilot napina za pomocą specjalnej dźwigienki urządzenie sprężynowe, które oddziałuje w odpowiednim kierunku na drążek sterowy i odciąża w ten sposób pilota.

Klapki wyważające, przy posiadaniu przez pilota pewnej wprawy, umożliwiają podłużne sterowanie szybowca z pusz-

czonym drążkiem sterowym (lub w przypadku urwania się napędu steru wysokości). 9 3

Jeszcze innym sposobem uzyskania wyważenia podłużnego może być przestawiany w locie statecznik steru wysokości. Urządzenie to umożliwia zmianę kąta natarcia statecznika i może być sprzęgnięte z napędem klap, jeśli wychylanie ich powoduje istotne zmiany w wyważeniu podłużnym szybowca. Ten rodzaj wyważenia podłużnego jest jednak bardzo rzadko stosowany.

Ponieważ z wychylaniem sterów związane jest występowanie na sterownicach pewnych sił, w niektórych przypadkach istnieje konieczność stosowania aerodynamicznego odciążenia sterów. Odnosi się to zarówno do usterzenia wysokości, jak i do lotek i steru kierunku. Problem ten rozwiązany jest głównie przez utworzenie przed osią obrotu steru wysuniętej do przodu powierzchni kompensacyjnej, którą stanowi zwykle kesonowa część steru (rys. 68*a*), rzadziej część po-

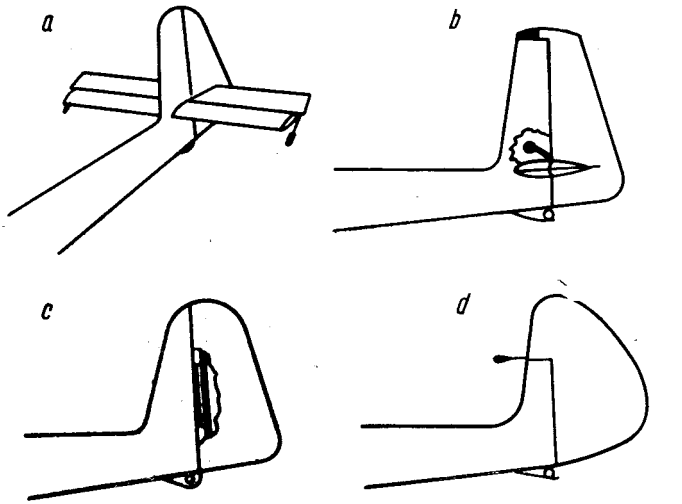


Rys. 68. Aerodynamiczne sposoby odciążania sterów

wierzchni steru (rys. 68*b*). Możliwe jest także zastosowanie urządzenia w postaci klapki odciążającej (flettner), pokazanej na rysunku 68*c*. Klapka odciążająca różni się od klapki wyważającej tym, że wychylana jest samoczynnie zawsze przeciwnie do wychyleń steru. W związku z tym ma ona sztywny napęd umocowany do nieruchomej części konstrukcji szybowca.

Osobne zagadnienie stanowi wyważanie masowe sterów, o którym była już mowa przy opisywaniu budowy lotek (porównaj rys. 54). Wyważenie masowe usterzeń ma zapobiegać

występowaniu drgań sterów; skłonność do drgań pojawia się podczas lotu z dużą prędkością. Wyważenie sterów polega na zabudowie przed osią obrotu steru ciężarków wyważających. Przykłady takich rozwiązań pokazano na rysunku 69. Rysunek 69*a* oraz *d* przedstawia rozwiązanie, w którym ciężarki zabudowane są na zewnątrz konstrukcji, natomiast w rozwiązaniu pokazanym na rysunku 69*b*, *c* ciężarki wyważające umieszczone są wewnątrz konstrukcji. W przypadku pokazanym na rysunku 69*b* wysięgnik z ciężarkiem zabudowany jest w płaszczyźnie symetrii szybowca do rury obrotowej

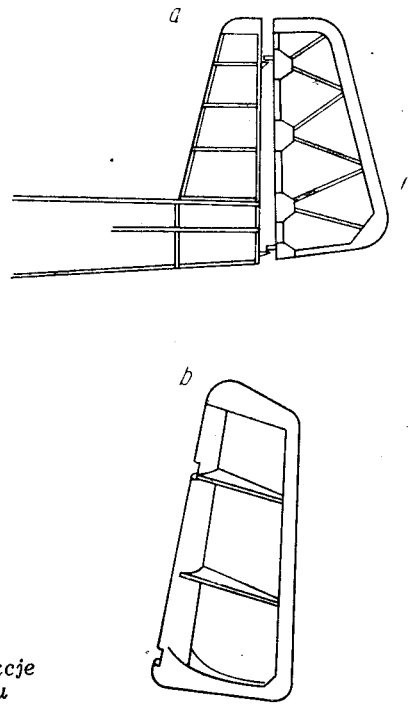


Rys. 69. Różne rozwiązania wyważania masowego sterów

steru wysokości, dzięki czemu porusza się on wewnątrz statecznika kierunku. Wewnętrzna zabudowa ciężarków wyważających jest korzystniejsza ze względów aerodynamicznych i użytkowych (w przypadku ciężarków zabudowanych na zewnątrz istnieje możliwość oblodzenia ich, zgięcia przy zaczepianiu o przeszkodę, zaczepienia podczas skoku ze spadochronem, zaplątanie liny holowniczej itp.).

Budowa usterzenia kierunku. Usterzenie kierunku składa się zawsze ze statecznika kierunku (pionowego) oraz steru kierunku. Statecznik związany jest integralnie z kadłubem, a jego dźwigarek, na którym znajdują się okucia zawiasowe steru, stanowi zakończenie konstrukcji kadłuba. W konstrukcjach drewnianych tak statecznik, jak i ster mają drewniany szkielet składający się z dźwigarka i żeberek listwy natarcia lub spływu. Stateczniki kryte są sklejką, stery natomiast w przedniej części kesonowej sklejką, a dalej tkaniną.

Charakterystyczne przykłady konstrukcji usterzeń kierunku pokazane są na rysunku 70, gdzie przedstawiona jest drewniana konstrukcja usterzenia (rys. 70*a*) oraz ster kierunku wykonany całkowicie z laminatów (rys. 70*b*); keson, bardzo sztywny skrętnie i giętnie, wykonany jest w kształcie lekko stożkowej rury, pełniącej jednocześnie rolę dźwigarka. Ster ten kryty jest tkaniną.

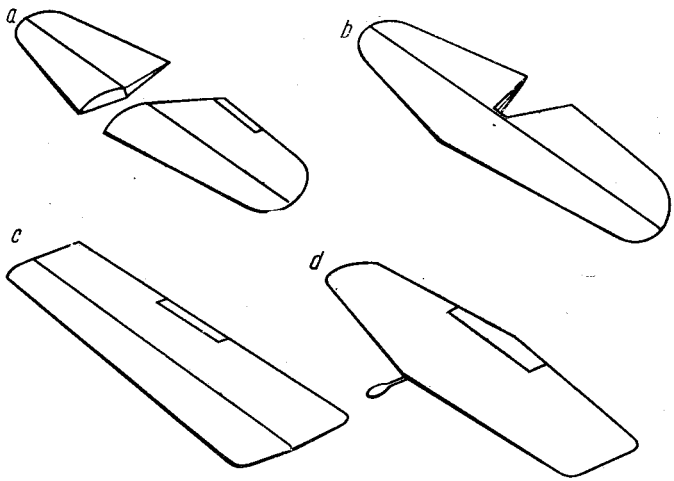


Rys. 70. Konstrukcje usterzeń kierunku

Budowa usterzenia wysokości. Usterzenie wysokości składa się najczęściej ze statecznika wysokości i steru wysokości. Statecznik ma najczęściej konstrukcję wolnonośną, to znaczy pozbawiony jest zastrzałów; jest przy tym niedzielony. Odmiany różnych rozwiązań konstrukcyjnych usterzeń wysokości przedstawione są na rysunku 71. Usterzenie dzielone (rys. 71*a*), składające się z dzielonego statecznika i steru, występuje rzadko, a znane jest z szybowca szkolnego „Czapla", w którym zabudowane jest przy zastosowaniu zastrzałów. Przez długi czas dużą popularnością cieszyły się usterzenia składające się z jednoczęściowego statecznika i dzielonych połówek steru wysokości (rys. 71*b*). W ostatnich latach zaczęły pojawiać się konstrukcje z niedzielonym statecznikiem i niedzielonym sterem (rys. 71*c*). Takie usterzenia wysokości

mogą być zabudowane nad usterzeniem kierunku lub poza nim w tylnej części kadłuba. W podobny sposób może być też usytuowane usterzenie płytowe (rys. 71*d*), pozbawione statecznika. W tego rodzaju usterzenie wysokości wyposażony jest szybowiec „Cobra", przy czym usterzenie to zaopatrzone jest w pokaźnej wielkości klapkę dociążającą. Klapka ta wychyla się przymusowo, podobnie jak klapka odciążająca, ale w kierunku zgodnym z wychyleniem steru, przez co w miarę wychylania steru daje pilotowi odczuć przyrost sił na drążku sterowym.

Statecznik wysokości składa się z dźwigarka, żeberek, listwy natarcia i sztywnego pokrycia. W konstrukcji steru wysokości występuje dźwigarek, żeberka, listwa spływu, często

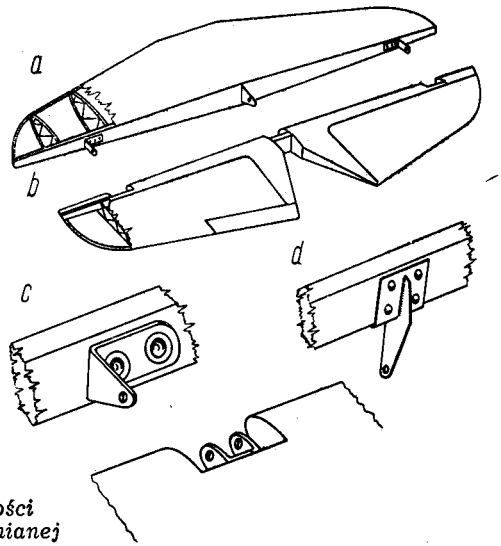


Rys. 71. Odmiany usterzeń wysokości

kesonik kryty sklejką oraz płócienne pokrycie. Często też na sterze zabudowana jest klapka wyważająca. Budowę typowego usterzenia wysokości konstrukcji drewnianej przedstawiono na rysunku 72. Pokazany jest na nim dzielony ster wysokości osadzony na wspólnym dla obu części dźwigarku *d*. Dźwigarki stateczników i sterów mają zwykle przekrój „ceowy" lub „teowy". W miejscach, w których umocowane są zawiasy lub dźwignie napędowe, pomiędzy pasy dźwigarków, wklejane są klocki.

Stateczniki wysokości budowane z laminatów mają konstrukcję przekładkową, składającą się z kilku warstw tkanin, warstwy wypełniacza piankowego i warstwy tkaniny przykrywającej wypełniacz piankowy. Tego rodzaju skorupy przekładkowe powstają na wklęsłych foremnikach, przy za-

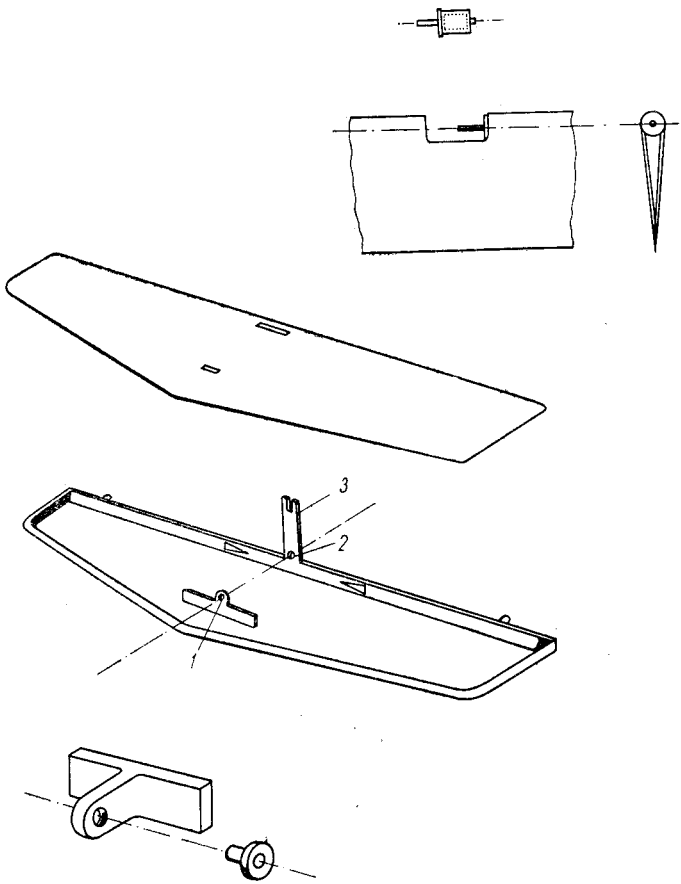
stosowaniu docisku podciśnieniowego, dzięki czemu uzyskuje się dobre odwzorowanie kształtu i dużą sztywność pozwalającą na zaniechanie stosowania żeberek. Wewnętrzne elementy konstrukcji ograniczają się jedynie do dźwigarków, do których wlaminowane są duralowe okucia służące do zabudowania statecznika na szybowcu. Konstrukcję taką przed-



Rys. 72. Budowa usterzenia wysokości konstrukcji drewnianej

stawiono na rysunku 73, na którym pokazane są obie połówki statecznika przed złożeniem (sklejeniem). Statecznik pokazany jest w pozycji odwróconej. Jest to statecznik przystosowany do zabudowy nad usterzeniem kierunku. Do sztywnego zamocowania statecznika wystarczają trzy punkty (na rysunku 73 punkty *1, 2, 3*). Przez tuleje otworów *1* oraz *2* przesuwany jest podwójny sworzeń (inaczej dwa sworznie połączone rurką) mocujący statecznik współosiowo. Przechylaniu się statecznika zapobiega wycięcie *3* widełkowe zachodzące na stalowy kołek umocowany do statecznika kierunku.

Inny przykład trzypunktowego zabudowania statecznika wysokości do kadłuba przedstawiono na rys. 74*a*, na którym pokazano połączenie zastosowane w konstrukcjach „Mucha 100 A" oraz „Mucha Standard". Tutaj położenie statecznika ustalone jest przez trzy kołki *1, 2, 3*. Biegnący środkiem statecznika stalowy pręt, zaopatrzony z przodu w pokrętło, a z tyłu nagwintowany, służy w tym układzie do unieruchomienia statecznika względem kadłuba. W tym celu jest on wkręcany do nagwintowanego gniazda (środkowego) znajdującego się na ściance w stateczniku kierunku.

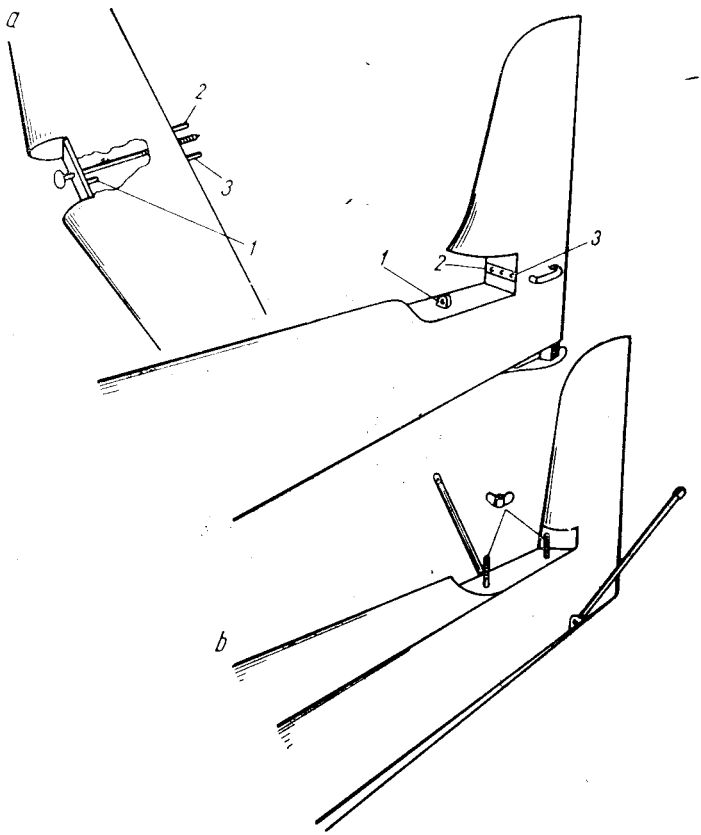


Rys. 73. Konstrukcja laminatowego statecznika wysokości (w pozycji odwróconej)

Na rysunku 74b przedstawiono sposób mocowania statecznika wysokości stosowany często w dawnych konstrukcjach (rys. 3), w których występowały zastrzały.

W szybowcach konstrukcji drewnianej i metalowej zawiasy zawieszenia sterów i lotek wykonywane są z blachy duralowej lub stalowej (porównaj rys. 119, 155) i są mocowane do konstrukcji za pomocą śrub lub nitów. W celu poprawienia warunków pracy połączenia, otwory na sworznie łączące stery ze statecznikami wyposażone są w tulejki ze stopów łożyskowych. Zupełnie inaczej ma się sprawa z połączeniami lotek i sterów w konstrukcjach laminatowych. Tutaj stosuje się na szeroką skalę tworzywa sztuczne, takie jak włókno

szklane i masy poliamidowe. Konsole zawieszenia wykonywane są z tkanin z włókna szklanego, układanych i przesycanych wielowarstwowo żywicą. Uzyskuje się przy tym kształt taki, jaki pokazany jest na rysunku 73. Wytoczone z tarnamidu tulejki owijane są przesyconym żywicą rowingiem i wciskane w otwory wykonane w ramieniu konsoli. Tarnamid jest masą poliamidową odznaczającą się dobrymi własnościami mechanicznymi i jest stosowany między inny- 9 9



Rys. 74. Sposoby zabudowy usterzenia wysokości do kadłuba

mi do łożyskowania połączeń obrotowych o względnie małej ilości ruchu. W użytkowaniu połączenie z zastosowaniem tarnamidu nie wymaga smarowania. Pasowania w połączeniach (sworzeń stalowy—tulejka z tarnamidu) zaniżane są o jedną klasę w stosunku do powszechnie stosowanych połączeń metal—metal.

Gotowe konsole wlaminowane są podstawą do ścianek konstrukcji pomiędzy warstwy tkanin, tworzących tylne ścianki konstrukcji skrzydeł lub stateczników.

Sposób mocowania sworzni zawieszenia w konstrukcji sterów wyjaśniony jest na rysunku 73. Sworznie toczone są w ten sposób, że mniej więcej w połowie ich długości znajduje się płaska kryza oddzielająca część pracującą sworznia od części służącej do zabudowy. Tę drugą część pokrywa się klejem BWF, a następnie wkleja za pomocą żywicy do tulejki wykonanej z tworzywa piankowego i oklejonej z obu stron tkaniną szklaną. Tak przygotowany element może być teraz wklejony do półokrągłej czołowej części steru lub lotki.

5/III

PODWOZIA SZYBOWCÓW

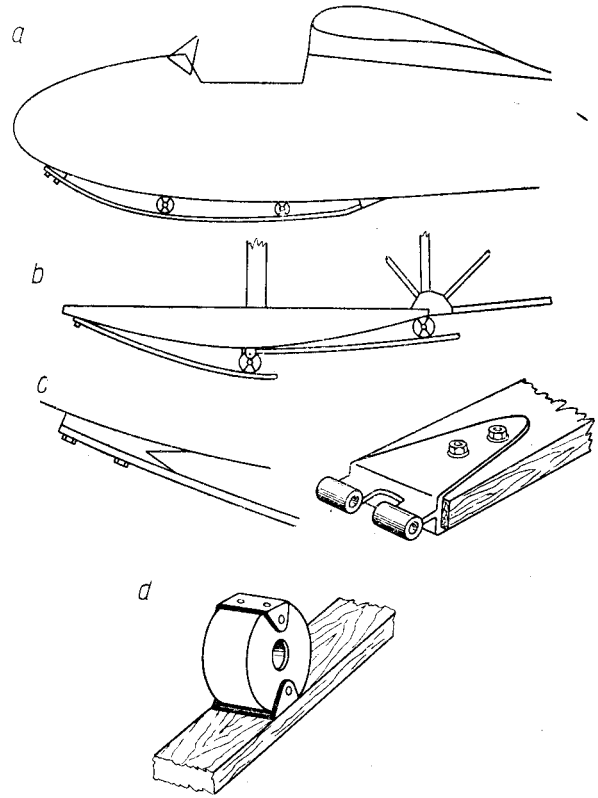
Zadaniem podwozia jest umożliwienie poruszania się szybowca na ziemi podczas startu, lądowania i transportu, a także łagodzenie skutków działania obciążeń, jakie mogą przy tym występować. Największe obciążenia występują od nierówności terenu, od przepadnięcia szybowca podczas lądowania, jak też od lądowania z jednoczesnym bocznym przemieszczaniem się szybowca (lądowanie z trawersem).

Aby sprostać tym zadaniom, podwozie musi być odpowiednio amortyzowane i musi odznaczać się wymaganą wytrzymałością. Na ogół podwozia tak są konstruowane, aby ich wytrzymałość była nieco mniejsza od wytrzymałości zasadniczej konstrukcji szybowca. W ten sposób podczas nadmiernego obciążenia chroni się kosztem uszkodzonego podwozia zasadniczą konstrukcję szybowca. Stąd też nie zawsze uzasadnione są uwagi przeciętnego użytkownika o zbyt słabym podwoziu szybowca.

Najogólniej podwozia można podzielić na ślizgowe i kołowe. Pierwsze, tak charakterystyczne dla dawnych konstrukcji szybowców, odznaczały się prostotą konstrukcji, lekkością i mało skomplikowaną obsługą. Przykłady takich rozwiązań przedstawione są na rysunku 75. Podwozie ślizgowe stanowi jesionowa płoza amortyzowana krążkami gumowymi lub podłużną dętką, rzadziej mechanicznym amortyzatorem teleskopowym. Krążki gumowe były mocowane w punktach węzłowych, a więc pod wręgami kadłuba lub węzłami kratownic, dętki natomiast wymagały konstruowania odpowiednio wzmocnionych desek kilowych, gdyż obciążenia przenoszone przez nie rozkładały się na całe powierzchnie.

Podwozia ślizgowe w postaci płoz zachowały się częściowo

także w niektórych współczesnych konstrukcjach, mających kołowe podwozie główne. Są one umocowane od spodu przedniej części kadłuba jako jego ochrona podczas lądowania w trudnym terenie lub podczas nieprawidłowego lądowania z tzw. przytarciem.



Rys. 75. Podwozia ślizgowe szybowców

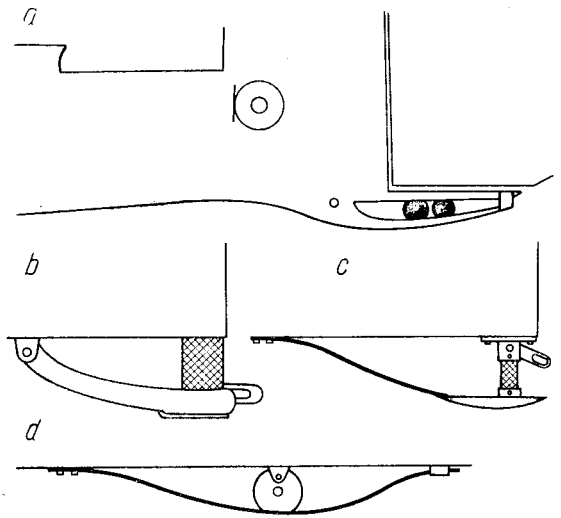
W celu zmniejszenia oporów, płozy są profilowane często pokrowcami brezentowymi z podłużnym zasznurowanym rozcięciem, umożliwiającym kontrolę stanu konstrukcji i wymianę elementów amortyzujących.

Najszersze zastosowanie znajdują obecnie płozy ogonowe, których przykłady pokazane są na rysunku 76. Najczęściej są to znormalizowane płozy metalowe (rys. 76c), zaopatrzone w ucho przeznaczone do kotwiczenia szybowca podczas naciągania gumowych lin startowych. Obecnie ucha te wykorzystywane są raczej w polowym kotwiczeniu szybowca.

W nowoczesnych konstrukcjach szybowców coraz częściej

zamiast płozy zabudowywane jest małe kółko z pneumatykiem.

Podwozia kołowe. Amortyzacja podwozia kołowego może się ograniczać jedynie do pracy ogumienia koła, a może też być zwiększona specjalnym amortyzatorem. W podwoziach głównych szybowców stosowane są koła o wymiarach od 250×125 do 350×150 mm. Pierwsza liczba oznacza zewnętrzną średnicę koła, druga natomiast jego szerokość. Koło składa



Rys. 76. Rodzaje płóz ogonowych szybowców

a — płoza drewniana amortyzowana piłeczkami tenisowymi, *b* — płoza drewniana amortyzowana klockiem gumowym, *c* — płoza metalowa amortyzowana klockiem gumowym, *d* — płoza metalowa amortyzowana krążkiem gumowym

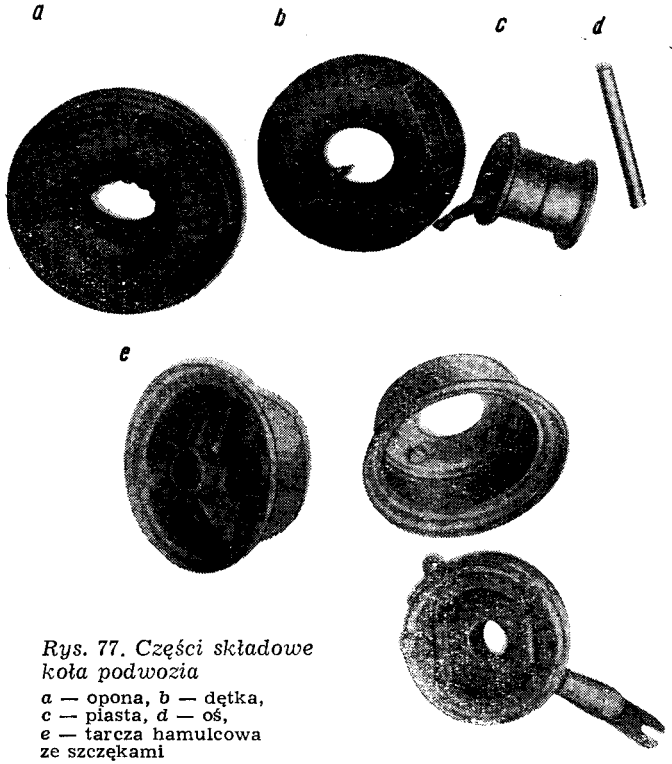
się z dwuczęściowej metalowej piasty, dętki i opony. Piasta łożyskowana jest za pomocą dwóch tulei brązowych wyposażonych w smarowniczki lub za pomocą tocznych łożysk wałkowych. Części składowe koła pokazane są na rysunku 77.

W jednej z połówek piasty umieszczana jest wkładka ze szczękami hamulca mechanicznego. Wkładka taka unieruchomiona jest względem piasty przez połączenie z jedną z goleni podwozia. Ze względu na stosowanie kół o małej średnicy piast warunki pracy hamulców szczękowych są trudne, co sprawia, że skuteczność ich nie jest wystarczająca, a objawy ich niesprawności występują bardzo często.

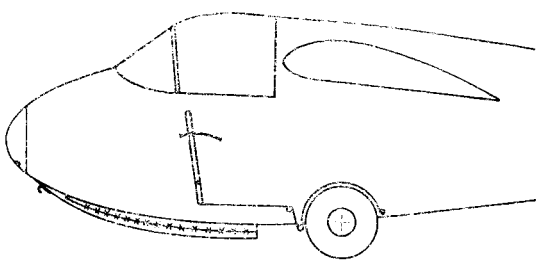
Inna odmiana hamulca koła pokazana jest na rysunku 78, przedstawiającym hamulec taśmowy, prosty w konstrukcji

i nadający się do zabudowy w podwoziu stałym. W rozwiązaniu tym elastyczna taśma dociskana jest podczas hamowania do bieżnika na oponie koła. Hamulec taki odznacza się dobrą skutecznością, ale pod warunkiem, że opona koła jest sucha. Podczas lądowania na mokrej trawie skuteczność hamulca wyraźnie spada.

Ostatnio zamiast hamulców szczękowych wprowadzane są



Rys. 77. Części składowe koła podwozia
a — opona, *b* — dętka, *c* — piasta, *d* — oś, *e* — tarcza hamulcowa ze szczękami



Rys. 78. Zasada działania taśmowego hamulca koła

hamulce tarczowe, składające się z dwóch tarcz. Jedna tarcza obraca się z piastą koła, druga natomiast pozostaje w spoczynku, ale może być dociskana do wirującej tarczy za pomocą urządzenia śrubowego o dużym skoku. Na jednej z tarcz umocowane są obwodowo płaskie krążki cierne zwiększające tarcie. Dźwignia powodująca obrót urządzenia śrubowego napędzana jest, tak jak i w poprzednich rozwiązaniach, za pomocą cięgła linkowego podłączonego do dźwigni uruchamiającej hamulce aerodynamiczne lub do oddzielnej dźwigni umocowanej przy uchwycie na drążku sterowym.

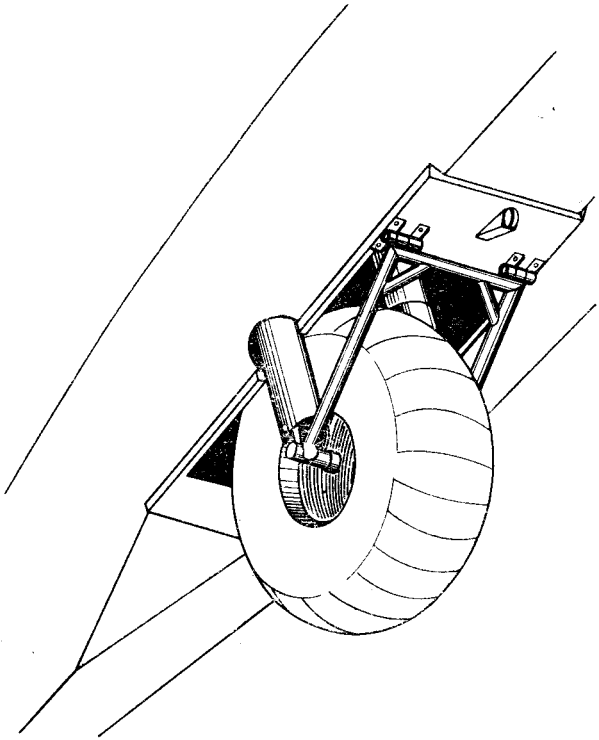
W większości szybowców wyczynowych amortyzacja zapewniana jest jedynie przez ogumienie koła (ciśnienie powietrza wynosi od 2 do 3,4 at). W szybowcach szkolnych lub o innym przeznaczeniu, ale odznaczających się znacznym ciężarem, amortyzacja taka może być niewystarczająca i wtedy konieczne jest zastosowanie dodatkowych amortyzatorów. Stosowane są różne rozwiązania, najczęściej jednak wykorzystywane są właściwości sprężyste klocków gumowych lub sznurów gumowych. Sznury gumowe nawinięte kilkakrotnie między wahaczem koła a stałą częścią konstrukcji pracują na rozciąganie, klocki gumowe natomiast umieszczane są w ten sposób, aby pracowały na ściskanie.

Na uwagę zasługuje bardzo skuteczna amortyzacja zastosowana na szybowcu szkolnym „Czapla" (rys. 79). Składa się ona z dwóch równolegle pracujących sprężynowych amortyzatorów teleskopowych, na których opiera się wahacz koła. Tego rodzaju amortyzacja pochłania znaczne ilości energii uderzenia, skoro się zważy, że od szybowców szkolnych wymagana jest odporność konstrukcji na zetknięcie z ziemią przy pionowej prędkości opadania wynoszącej 1,7 m/s.

Podwozia kołowe konstruowane są jako stałe, dwupołożeniowe lub wciągane w locie. W podwozia stałe wyposażona jest większość szybowców, w tym szybowce treningowe i wyczynowe budowane w dużych seriach z przeznaczeniem do masowego, codziennego użytkowania. Istota podwozi dwupołożeniowych polega na tym, że koło może być wysunięte całkowicie, a może też być schowane (wciągnięte) do połowy średnicy. Zwykle start odbywa się na kole wysuniętym, co pozwala na wykorzystanie większych kątów natarcia skrzydła (np. start z krótkiego terenu). Podczas lotu koło jest częściowo wciągnięte do kadłuba, przez co uzyskuje się nieco na oporach powietrza. Wymagane położenia koła do startu i lądowania podawane są zawsze w instrukcjach użytkowania szybowca.

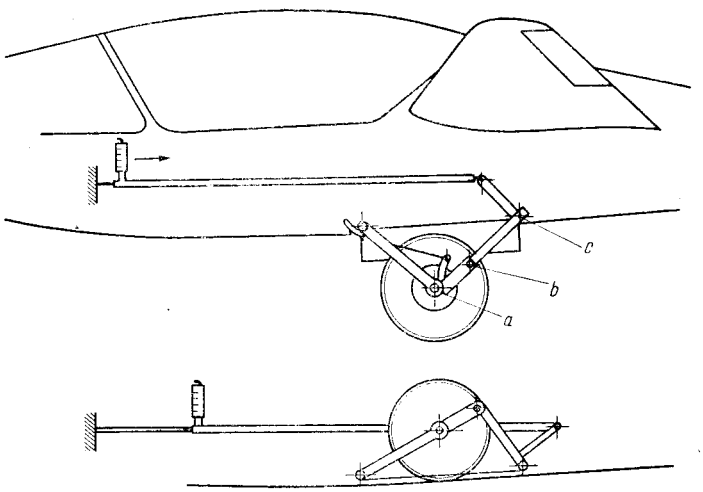
Podwozia wciągane w locie znajdują zastosowanie w większości szybowców wysokowyczynowych i zawodniczych. Ist-

nieją trzy możliwości wciągania koła, a mianowicie do tyłu, do przodu i w bok. Wszystkie urządzenia wciągania podwozia stosowane w szybowcach pracują na zasadzie mechanicznej, jako najbardziej pewnej i dającej najmniejszy przyrost ciężaru.



Rys. 79. Teleskopowa amortyzacja podwozia w szybowcu „Czapla"

Na rysunku 80 pokazano proste w konstrukcji i działaniu podwozie wciągane, jakie znajduje się w szybowcach wyczynowych „Jantar". Mechanizm sterowany jest suwakiem umieszczonym wzdłuż prawej burty kabiny. Na uchwycie suwaka znajduje się przycisk odblokowujący suwak w położeniu przednim (wypuszczone) oraz tylnym (wciągnięte). Zasadnicze blokowanie układu w położeniu wypuszczonym polega na przejściu przegubu *b* poza linię poprowadzoną przez przeguby *a* oraz *c*. Dwuczęściowe drzwiczki podwozia dążą zawsze do zamknięcia się pod wpływem działających na nie sprężyn. Otwieranie drzwiczek polega na tym, że wysuwające się podwozie rozpiera je bocznymi goleniami na



Rys. 80. Chowane podwozie szybowca „Jantar"

obie strony. W tym celu na obu dłuższych goleniach umocowane są po stronach zewnętrznych podłużne paski z tarnamidu, które ślizgają się po krawędziach drzwiczek.

6/III

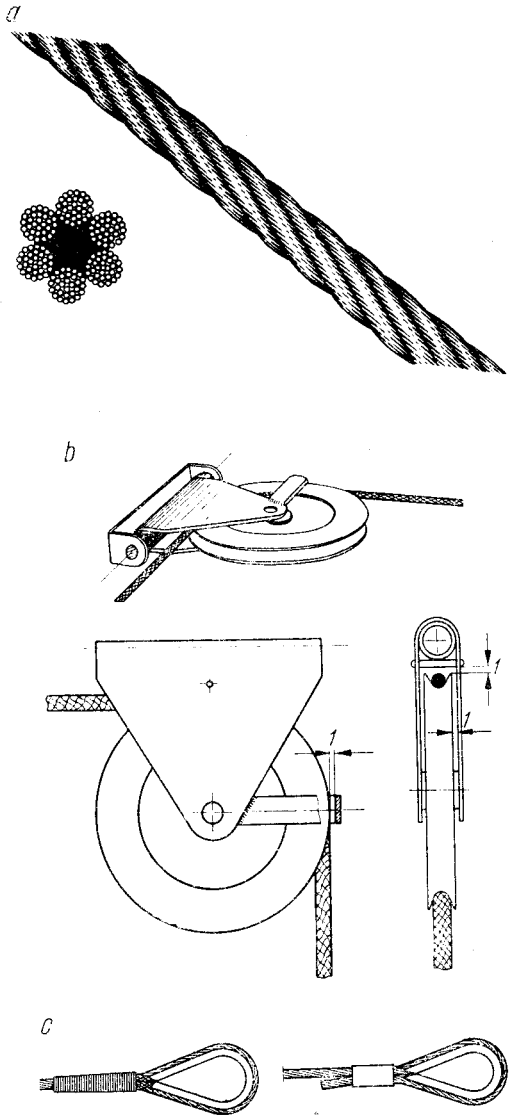
MECHANIZMY STEROWNICZE

Do przenoszenia ruchu w mechanizmach sterowniczych służą stalowe linki sterowe lub popychacze rurkowe. Układy, w których występują linki stalowe nazywa się układami miękkimi, natomiast układy z popychaczami — układami sztywnymi. Często występują też układy mieszane, w których zastosowane są zarówno linki, jak i popychacze.

Podstawowym elementem układu miękkiego jest stalowa linka sterowa wykonana przez odpowiednie skręcenie określonej liczby cienkich drucików. Druciki wykonywane są ze stali, której wytrzymałość osiąga wartość około 200 kG/mm^2. W celu ochrony przed działaniem korozji druciki są najczęściej cynkowane. W konstrukcjach szybowcowych stosowane są głównie linki o średnicy 2,5÷3,0 mm, zbudowane przez spiralne skręcenie sześciu splotów. Wewnątrz linki przebiega miękki rdzeń tekstylny, nadający lince dużą giętkość, niezbędną ze względu na konieczność prowadzenia linek przez liczne krążki.

Każdy z sześciu splotów wykonany jest przez skręcenie siedmiu cienkich drucików. Budowę linki sześciosplotowej

wyjaśniono na rysunku 81*a*. Przy większych średnicach stosowane są linki, których sploty składają się z większej liczby drucików. Dzięki odpowiedniej elastyczności możliwe jest prowadzenie linek przez krążki, których średnica odpowiada dwudziestokrotnej grubości linki. Krążki wykonywane są z tworzyw sztucznych lub z przesyconych żywicą sprasowa-



Rys. 81. Elementy miękkich napędów sterowych

nych warstw tekstylnych. Na obwodzie krążka znajduje się głęboki rowek, w którym pracuje linka. Ponieważ istnieje możliwość poluzowania się linki, czy to pod wpływem znacznego wzrostu temperatury, czy też na skutek wyciągnięcia, konieczne jest zabezpieczenie linki przed spadnięciem z krążka. W tym celu przy oprawkach krążków znajdują się odpowiednio rozmieszczone obejmy (rys. 81*b*). Rozmieszczenie tych obejm zależy od kąta opasania linki. W przypadku przedstawionym na rysunku 81*b* kąt opasania linki wynosi 90°. Z obu stron w miejscach wejścia linki na krążek znajdują się zabezpieczenia (z jednej strony nit wewnątrz oprawki, z drugiej strony obejma). Szczególnie starannie powinny być wykonywane obejmy, aby prześwity między nimi a krążkiem nie były większe niż 1 mm. W ten sposób zapobiega się spadaniu linki i zakleszczaniu się jej między krążkiem i obejmą.

Przed przystąpieniem do wykonywania cięgieł linkowych linki powinny być poddawane naciągowi wstępnemu, którego wielkość odpowiada w przybliżeniu połowie siły niszczącej linkę. Cięgło linkowe powstaje przez wykonanie końcówek na obu stronach odpowiednio przyciętego odcinka linki. Końcówka składa się ze stalowego chomątka lub krążka zaopatrzonych na obwodzie w rowek, w którym układa się linkę, oraz zaplotu lub tulejki zaciskowej. Obie odmiany końcówek pokazane są na rysunku 81*c*. Zaplot wykonywany jest ręcznie według ustalonego schematu, a następnie zabezpieczony przez ścisłe owinięcie miękkim drucikiem mosiężnym. Przy metodzie zaciskowej stosuje się natomiast dokładnie dopasowane spłaszczone tulejki metalowe, które po wprowadzeniu linek poddawane są zaciskaniu w specjalnych szczękach.

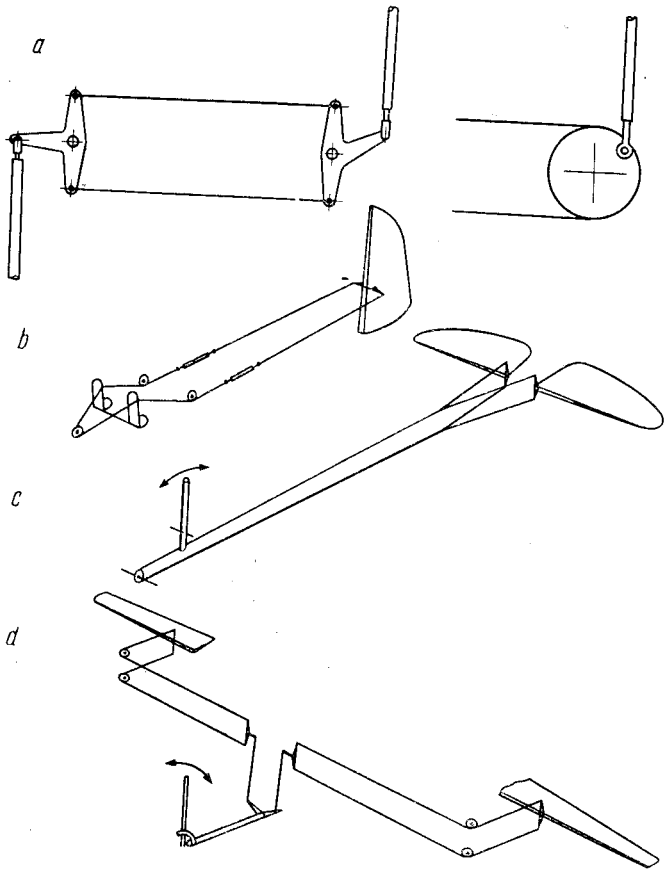
Gotowe cięgła, zwłaszcza zaplatane, poddawane są ponownemu naciągowi pod obciążeniem. W ten sposób zapobiega się wydłużaniu cięgła i rozkręcaniu się linki podczas użytkowania szybowca.

Do regulacji siły naciągu linek, które wynoszą od 10 do 40 kG, są wstawiane w układy linkowe ściągacze regulacyjne. Ściągacz regulacyjny składa się z metalowego (najczęściej mosiężnego) korpusu i dwóch wkręcanych na gwint regulowanych końcówek oczkowych lub widełkowych. Z jednej strony wykonany jest gwint prawozwojowy, a z drugiej lewozwojowy.

Rozwiązanie takie powoduje, że zależnie od kierunku obracania korpusu obie końcówki chowają się do korpusu lub też wysuwają się z niego, co pozwala na regulację długości i siły naciągu cięgieł. Obie końcówki chronione są przed samoczynnym wykręcaniem się za pomocą wyżarzonego

drutu mosiężnego lub specjalnych okładzin z cienkiej blachy (rys. 157).

Każdy napęd linkowy wymaga zastosowania pary linek, które rozpięte są na dwuramiennych dźwigniach lub obracają na przykład bęben. Przykłady takich rozwiązań pokazane są na rysunku 82. Prawidłowa praca układu linkowo-dźwigniowego zapewniona jest jedynie wtedy, gdy linki pracują w równoległoboku.



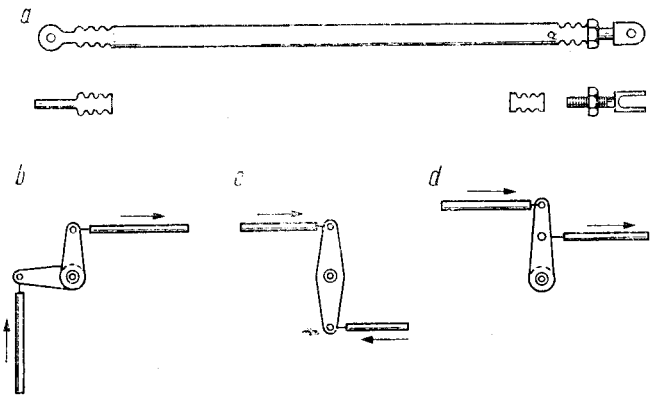
Rys. 82. Układy miękkich i mieszanych napędów sterowych

Do zalet układu linkowego zaliczyć należy lekkość konstrukcji, prostotę, jak też łatwość uzyskiwania zmian kierunku napędu. Do wad zalicza się przecieranie się linek i pękanie drucików, zwłaszcza w miejscach częstych przegięć, oraz skłonność do wydłużania się czy to pod wpływem wyższych

temperatur, czy też obciążeń. Równie poważną wadą jest skłonność do znacznych skurczów w niskich temperaturach, w następstwie których występują w układzie nadmierne naprężenia. Poluzowane linki mogą być przyczyną drgań usterzeń podczas lotu.

Podstawowe układy linkowego sterowania kierunku wysokości i lotek pokazane są na rysunku 82*b, c, d*.

Wymienionych wad pozbawione są napędy sztywne z popychaczami rurkowymi. Popychacze wykonywane są z rurek duralowych, rzadziej stalowych, które przy odpowiednio dobranej długości i średnicy odznaczają się odpornością na wyboczenia i mogą pracować na rozciąganie i na ściskanie. Każdy popychacz wyposażony jest w dwie końcówki, z których jedna jest stała, druga natomiast z możnością regulacji długości. Budowa popychacza pokazana jest na rysunku 83*a*. Końcówki oczkowe lub widełkowe wykonane są



Rys. 83. Elementy sztywnych napędów sterowych

odpowiednio ze stali lub z duralu i mogą mieć, w przypadku oczkowych, zawalcowane łożyska toczne lub kulowo-przegubowe.

Korpusy końcówek popychaczy mają obwodowo wytoczone rowki (zafalowania), dzięki czemu po osadzeniu ich wewnątrz rurek możliwe jest zawalcowanie ich wraz ze ściankami rurek. Przed ewentualnym obracaniem się korpusu wewnątrz rurki (w wyniku obluzowania połączenia) korpus jest chroniony przez specjalne zapunktowanie lub za pomocą kołka śrubowego. Korpus końcówki regulowanej jest wewnątrz nagwintowany, co umożliwia wkręcenie do niego końcówki. Po ustaleniu długości popychacza zabezpiecza się końcówkę przed wykręcaniem za pomocą przeciwnakrętki.

W ustalonym miejscu od strony końcówki regulowanej na-

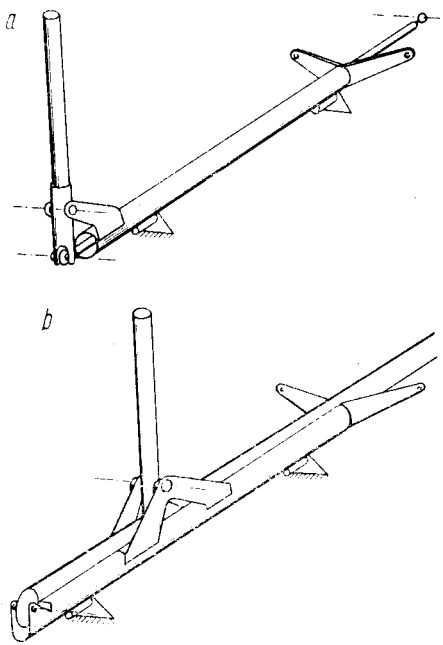
wiercony jest w ściance popychacza otworek kontrolny, przez który za pomocą sondowania kawałkiem drutu można sprawdzać głębokość wkręcenia końcówki regulacyjnej (otwór powinien być zawsze zakryty śrubową częścią końcówki).

Na rysunku 83*b* pokazany jest fragment napędu, dający zmianę kierunku ruchu, natomiast na rysunku 83*c* połączenie dające odwrócenie kierunku ruchu. Rysunek 83*d* przedstawia szczegół dający przełożenie sił, a także zmianę ilości ruchu napędu.

Najczęściej stosowana sterownica ręczna składa się ze stalowej rury skrętnej, na której ułożyskowany jest z przodu drążek sterowy, z tyłu natomiast, poza pilotem, umocowane są dwie dźwignie napędowe lotek. Wewnątrz rury przemieszcza się popychacz (rys. 84*a*) napędu steru wysokości lub linka sterująca sterem wysokości (rys. 84*b*).

Rura skrętna sterownicy umocowana jest do konstrukcji kadłuba na współosiowych łożyskach umożliwiających obracanie jej w lewo i w prawo za pomocą wychyleń drążka sterowego. Wraz z rurą wychylają się odpowiednio ramiona dźwigni napędu lotek.

Sterownice z przechodzącą pod podłogą kabiny rurą skrętną znajdują zastosowanie w szybowcach, których kadłuby od-



Rys. 84. Sterownice stosowane w szybowcach

znaczają się większą wysokością. W wielu nowoczesnych szybowcach wyczynowych to proste rozwiązanie konstrukcyjne nie może być stosowane ze względu na brak dostatecznej ilości miejsca pod podłogą kabiny. Wymaga to konstruowania bardziej skomplikowanych układów kinematycznych, przekazujących ruch sterujący do lotek i steru wysokości za pomocą popychaczy prowadzonych wzdłuż burt kabiny. Odpowiednio ukształtowane boczne ścianki kabiny, zakrywające te popychacze, stanowią jednocześnie podpórki pod łokcie pilota.

Sterownica nożna składa się z dwóch pedałów, do których są bezpośrednio przyłączone linki poruszające ster kierunku. Sztywnego napędu steru kierunku w szybowcach nie stosuje się. Pedały mogą mieć położenie stałe lub zmienne — mogą być przesuwane w pewnym zakresie, zależnie od wzrostu pilota. Przy pedałach stałych konieczne jest zastosowanie przestawianego oparcia fotela pilota. Bardzo często możliwe jest regulowanie zarówno pedałów, jak i oparcia.

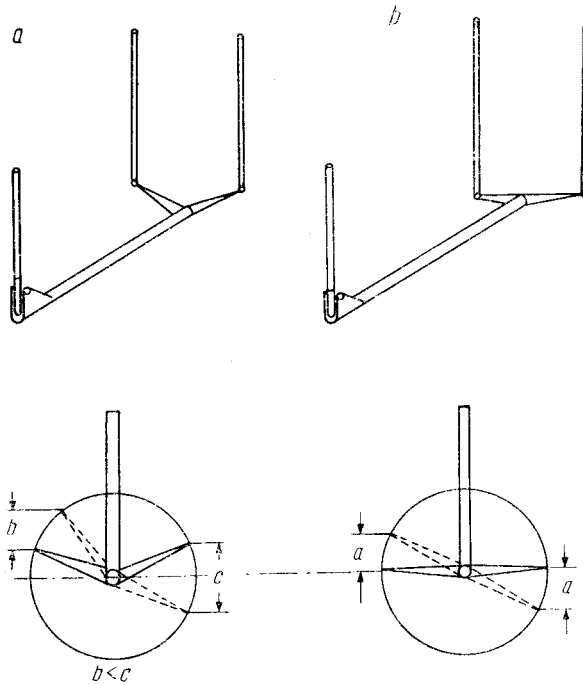
W konstrukcjach szybowcowych osie pedałów umieszczane są najczęściej w ich dolnej części, tak że sterowanie odbywa się przez poruszanie przedniej części stopy. Najprostszy przykład sterownicy nożnej pokazany jest na rysunku 82*b*. Linki sterujące prowadzone są od pedałów w kierunku steru przez krążki lub — gdy zmiana kierunku jest nieznaczna — przez przepusty ślizgowe wykonane w formie podkładek z tarnamidu lub innego miękkiego tworzywa. W konstrukcjach laminatowych przyjęło się prowadzenie linek wewnątrz giętkich rurek z tworzyw sztucznych, które są przylaminowane wzdłuż bocznych ścian kadłuba.

Na rysunkach 82*d* oraz 84 pokazane są sterownice dające różnicowe sterowanie lotek. Efekt sterowania różnicowego uzyskiwany jest w nich przez zastosowanie lekkiego wzniosu ramion obu dźwigni znajdujących się w tylnej części rury skrętnej sterownicy. Zasada działania tego rozwiązania wyjaśniona jest na rysunku 85, przedstawiającym dwa rodzaje sterownic, a mianowicie sterownicę ze sterowaniem różnicowym (rys. 85*a*) oraz sterownicę bez efektu różnicowego (rys. 85*b*). Łatwo zauważyć, że w rozwiązaniu pokazanym na rysunku 85*b* przy wychylaniu drążka sterowego na boki obydwa pionowe popychacze układu lotkowego wykonują jednakowo duże ruchy pionowe (jeden do góry, drugi do dołu). W drugim przypadku, przedstawionym na rysunku 85*a*, podczas wychylenia drążka sterowego ruchy pionowych popychaczy są różne. Popychacz unoszący się do góry wykonuje ruch pionowy mniejszy niż popychacz opuszczający się w dół (ruchy dolnych punktów popychaczy należy rozpatrywać jako złożony ruch punktów po łuku koła). Wracając do

rysunku 82*d* można spostrzec, że popychacz przemieszczający się do dołu powoduje wychylanie się lotki do góry, natomiast drugi popychacz, przemieszczający się do góry, wychyla lotkę do dołu. W pierwszym przypadku lotka (idąca do góry) wychyli się o większy kąt niż lotka opuszczana.

1 1 3

Efekt różnicowości może być także uzyskiwany przy dźwigniach zabudowanych w skrzydłach w bezpośredniej bliskości lotek. Dwa przykłady takiego rozwiązania widoczne są na

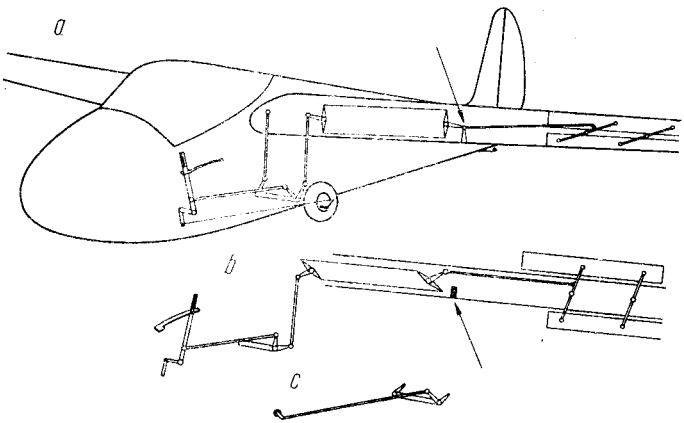


Rys. 85. Zasada uzyskiwania różnicowego sterowania lotek

rysunku 82*a*. W jednym przypadku efekt ten uzyskuje się na niesymetrycznej dźwigni trójramiennej, w drugim — na bębnie z odpowiednio umocowanym popychaczem lotki.

Jeden ze stosowanych układów sterowania hamulcami aerodynamicznymi pokazany jest na rysunku 86. Jest to układ mieszany, linkowo-popychaczowy. Dźwignia sterująca, obsługiwana lewą ręką pilota, prowadzona jest w prowadnicy, w której w przedniej części znajduje się wycięcie blokujące. Przy zamkniętych hamulcach w wycięcie to zaskakuje ramię dźwigni sterującej, co w pewnym stopniu zabezpiecza układ przed samowolnym otwarciem się hamulców w locie.

Zasadniczy układ blokujący płyty hamulcowe w stanie zamkniętym znajduje się — oddzielnie dla obu hamulców — w każdym skrzydle (na rysunku zaznaczony strzałką). Blokowanie hamulców polega na przejściu przegubu, łączącego trójramienną dźwignię z popychaczem, przez „martwy punkt", podobnie jak to ma miejsce przy blokowaniu wysuniętego podwozia pokazanego na rysunku 80. W chwili przechodzenia przegubu przez martwy punkt na uchwycie dźwigni sterującej wyczuwalny jest charakterystyczny sprężysty



Rys. 86. Układ sterowania hamulcami aerodynamicznymi i hamulcem kółka podwozia

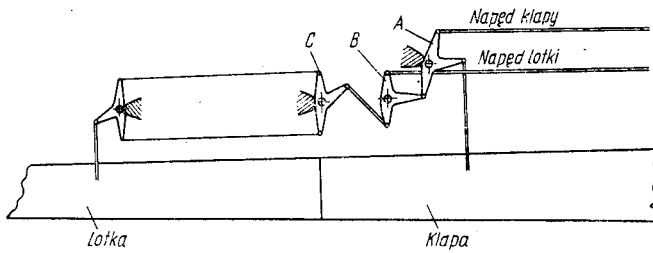
przeskok, świadczący o zablokowaniu układu przed otwarciem się. Przejście przez martwy punkt uzyskiwane jest przez wykorzystanie sprężystości elementów napędu.

Zamiast napędu dźwigniowego, pokazanego na rysunku 86*a*, *b*, może być zastosowany układ suwakowy, który najczęściej pozbawiony jest dodatkowego zabezpieczenia zapadkowego (rys. 86c). Urządzenia blokującego dźwignię sterującą przy zamkniętych hamulcach brak jest w szybowcach dwumiejscowych (konieczność odblokowywania dźwigni z obu kabin).

Zasadnicze blokowanie płyt hamulcowych może być przeniesione w inne miejsce (jak np. w szybowcu „Bocian", w którym efekty powodujące blokowanie hamulców uzyskiwane są w połączeniu dźwigni w miejscu podziału skrzydła-kadłub).

Na rysunku 87 przedstawione jest rozwiązanie konstrukcyjne napędu klapolotki. Polega on na sprzęgnięciu napędu klap z napędem lotek. Zespół sterujący składa się tutaj z trzech dźwigni, z których zewnętrzne *A*, *C* umocowane są do sztyw-

nej konstrukcji szybowca, środkowa natomiast *B* umocowana jest do jednego z ramion trójramiennych dźwigni sterowania klap *A*. W sytuacji przedstawionej na rysunku 87 klapy są schowane. Z chwilą przesunięcia popychacza klap w kierunku powodującym ich wysuwanie (kierunek zaznaczony strzałką) trójramienna dźwignia klap *A* spowoduje obrócenie się dźwigni środkowej *B*, przytrzymywanej popycha-



Rys. 87. Konstrukcja napędu klapolotki (mechanizm lewego skrzydła)

czem sterowania lotki, i ta przestawi dźwignię lotkową *C* w kierunku powodującym opuszczenie lotki. W każdym z możliwych położeń dźwigni istnieje niezależna pełna sterowność lotek.

Przedstawiona tu przykładowo konstrukcja wymaga umieszczania zespołu dźwigni *A*, *B*, *C* w każdym ze skrzydeł. W szybowcach, w celu zaoszczędzenia ciężaru i miejsca, stosowany jest wspólny dla obu skrzydeł zespół dźwigniowy umieszczony w kadłubie, którego zasada działania jest taka sama, jak przedstawiona na rysunku 87.

7/III

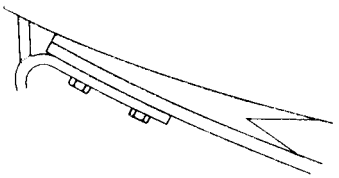
ZACZEPY STARTOWE I ICH INSTALACJE

W celu umożliwienia startu za pomocą lin gumowych szybowiec jest wyposażony w przedni hak startowy umocowany w dolnej części kadłuba do płozy lub bezpośrednio do deski kilowej. Przy płozie ogonowej znajduje się natomiast uchwyt w kształcie ucha, służący do przytrzymywania szybowca podczas naciągania lin (rys. 76c). Budowę haka startowego i sposób jego mocowania do kadłuba wyjaśnia rysunek 88. Kształt haka jest tak dobrany, aby zapewniał swobodne odpadnięcie lin w odpowiedniej fazie startu. W przedniej części dospawany jest do haka pręt zapobiegający zakleszczeniu się ogniwa lub samej liny na haku. W obecnej

1 chwili wiele dawniejszych typów szybowców wyposażonych
1 jest w haki startowe, są one jednak wykorzystywane głów-
6 nie do podstawiania podnośników lub hangarowych wózków manewrowych.

Zaczepy startowe przystosowane do startów za wyciągarką i samolotem są urządzeniami skomplikowanymi, wymagającymi starannej obsługi i odpowiedniej konserwacji. Główną cechą zaczepu startowego jest blokowanie ogniwa liny ciągnącej szybowiec, zapobiegające samowolnemu jej odpadnięciu.

Zaczep startowy wyposażony jest zwykle w dwie szczęki, górną i dolną, które tworzą prześwit zamykany od przodu zębem ruchomego haka. Do współpracy z zaczepem przewidziane są odpowiednie zwymiarowane ogniwa przyłączane do końca liny ciągnącej szybowiec. Po włożeniu ogniwa w



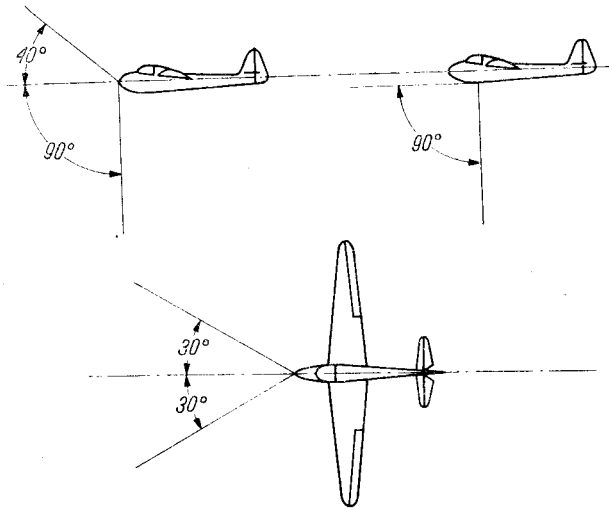
Rys. 88. Hak do startu z lin gumowych

szczęki zaczepu hak zostaje opuszczony i zablokowany w tym położeniu. Zwolnienie haka może nastąpić przez uruchomienie cięgła doprowadzonego do kabiny załogi. W bardziej nowoczesnych zaczepach istnieje możliwość samoczynnego zwolnienia liny, co uwarunkowane jest określonymi i niebezpiecznymi sytuacjami w locie, a zwłaszcza podczas startu za wyciągarką.

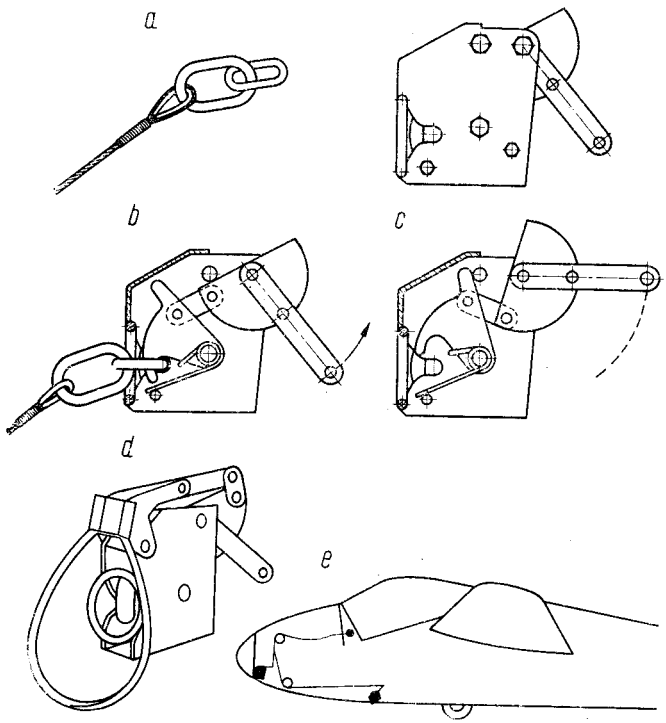
Od zaczepu startowego wymaga się prawidłowego działania przy obciążeniu haka siłą 600 kG, skierowaną w kierunkach zaznaczonych na rysunku 89. Pomimo działania na układ kinematyczny tak znacznej siły, do otwarcia haka powinna wystarczyć siła nie większa niż 20 kG.

Dużą popularność zdobył sobie użytkowany na przestrzeni ponad trzydziestu lat zaczep startowy znany u nas pod oznaczeniem SZD III A 56 (rys. 90). Zaczep wykonany jest ze stali stopowych częściowo obrabianych cieplnie. Poprawność jego działania zależy od dokładności jego wykonania, zgodnej z dokumentacją zabudowy i bieżącej konserwacji.

Na rysunku 90*a* pokazany jest zaczep oraz zespół typowych ogniw zaczepowych liny. Do bezpośredniego sprzęgania z zaczepem przeznaczone jest mniejsze ogniwo, większe natomiast, które ustawia się zawsze w płaszczyźnie zbliżonej do pionowej, zapobiega zakleszczaniu się ogniwa mniejszego w



Rys. 89. Wymagane zakresy kątowe działania zaczepów szybowcowych



Rys. 90. Zaczep startowy typu SZD III A 56

szczękach zaczepu. Przy większych odchyleniach kierunku ciągu liny od osi podłużnej zaczepu ogniwo większe opiera się krawędzią o krawędź okrągłego pierścienia naspawanego od strony czołowej przed szczękami zaczepu. Działając jako dźwignia powoduje ono, że ogniwo mniejsze wywiera na ząb haka siłę skierowaną praktycznie zawsze w jednym kierunku, zbliżonym do osi podłużnej zaczepu (rys. 90*b*). Dzięki takiemu rozwiązaniu została wyeliminowana możliwość zaklesczania się mniejszego ogniwa w szczękach zaczepu.

Rysunek 90b zapoznaje z zasadą blokowania haka zaczepu. Z chwilą pojawienia się siły od ciągu liny na zębie haka, hak dąży do otwarcia się i wywiera nacisk na płaski łącznik, którym połączony jest on z półokrągłym segmentem dźwigni otwierającej. Pod wpływem tego nacisku przegub łącznik-segment opiera się o krawędź nitu rurkowego, uniemożliwiając otwarcie się haka, a więc i zwolnienie liny.

Otwarcie haka jest możliwe jedynie przez uruchomienie dźwigni wyzwalającej (w kierunku zaznaczonym strzałką). Zasada blokowania haka jest tu taka sama, jak przy blokowaniu hamulców aerodynamicznych i podwozia (porównaj rys. 80 i 86) i polega na przejściu przegubu łącznik-segment przez „martwy punkt".

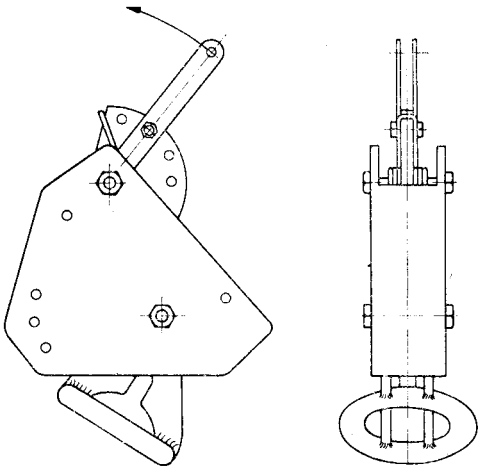
Zaczep w stanie otwartym pokazany jest na rysunku 90c. Sprężyna nawinięta na osi haka i oddziałująca na hak powoduje, że hak zatrzymuje się tylko w dwóch położeniach, to znaczy w stanie otwartym i zamkniętym. Przy otwieraniu lub zamykaniu haka daje się słyszeć charakterystyczny trzask, świadczący o poprawnym działaniu mechanizmu.

Ten sam zaczep, po przeniesieniu sprężyny z osi haka na oś segmentu dźwigni wyzwalającej, znajduje zastosowanie jako zaczep samolotowy. Przeniesienie sprężyny na oś segmentu powoduje, że hak przyjmuje samoczynnie zawsze położenie zamknięte. W celu przyłączenia liny ciągnącej szybowiec konieczne jest podniesienie haka za pomocą cięgła zwalniającego zaczep.

Omawiany tu zaczep stosowany był w minionych latach wyłącznie jako zaczep przedni, to znaczy umieszczony z przodu kadłuba. W celu zwiększenia bezpieczeństwa podczas startów za wyciągarką zastosowano przy nim dodatkowo zabudowywany pierścieniowy samoczynny wyrzutnik liny pokazany na rysunku 90*d*. Działający na zasadzie dźwigniowej wyrzutnik pierścieniowy połączony był łącznikiem z segmentem wyzwalającym. Z chwilą gdy kąt liny wyciągarkowej niebezpiecznie zwiększał się, lina wywierała nacisk na krawędź dolną pierścienia i ten opuszczał się pociągając segment otwierający hak. Opisywane tu rozwiązanie okazało się

zupełnie nieprzydatne w przypadku zabudowy zaczepu pod spodem kadłuba i zostało zaniechane.

Najbardziej sprawne i nowoczesne konstrukcje zaczepów wyposażonych w samoczynny wyrzutnik liny reprezentuje zaczep firmy TOST znany pod nazwą Europa G 72/73. Zaczep odznacza się dużą tolerancyjnością w stosunku do kierunku ciągu liny, a w najbardziej niekorzystnym układzie siła potrzebna do otwarcia haka nie przekracza 14 kG. Samoczynne odrzucenie liny ciągnącej szybowiec następuje



Rys. 91. Zaczep startowy typu TOST „Europa" z wyrzutnikiem liny

wtedy, gdy kąt między osią podłużną zaczepu a kierunkiem ciągu liny osiąga wartość 80÷90°.

Zaczep ten przeznaczony jest w zasadzie do zabudowy jako zaczep dolny, a więc przeznaczony do startów za wyciągarką, może być jednak przy takiej zabudowie używany również przy startach za samolotem. Przy zaczepie tym mogą być stosowane te same ogniwa liny, jakie używane są przy zaczepach SZD III A 56.

Pod względem podstawowej kinematyki zaczep ten nie różni się od zaczepu pokazanego na rysunkach 90*b*, *c* (dotyczy to samej zasady przejścia przez „martwy punkt"). Charakterystyczną cechą tego zaczepu są ruchome szczęki z naspawanym z przodu pierścieniem. Szczęki zabudowane są na wspólnej osi z hakiem i mają możność uchylania się do tyłu. W pozycji przedniej utrzymywane są one za pomocą silnej sprężyny. Hak zaczepu przyjmuje pod działaniem sprężyny położenie zamknięte, w związku z czym w celu podłączenia

ogniwa liny ciągnącej szybowiec konieczne jest odciągnięcie go za pomocą cięgła zwalniającego.

Z chwilą gdy podczas startu za wyciągarką kąt pomiędzy osią podłużną zaczepu a kierunkiem działania liny osiąga wartość 80÷90°, szczęki pod naciskiem większego ogniwa liny uchylają się do tyłu, a ogniwo mniejsze zsuwa się z haka bez udziału pilota. W ten sam sposób działa wyrzutnik, gdy szybowiec podczas nieprawidłowo wykonywanego startu wyprzedzi znajdującą się na ziemi linę.

Zabudowa zaczepów startowych, przedstawiona schematycznie na rysunku 90*e*, powinna uwzględniać konieczność stosowania odpowiednio długich cięgieł zwalniających. Konieczne jest, aby przy zamkniętym haku zaczepu cięgło miało pewien luz, przez co zapewnia się dobre przejście układu dźwigniowego zaczepu przez martwy punkt, a jednocześnie zmniejsza się „czułość" uchwytu cięgła zwalniającego w kabinie.

Zaczep powinien być zwalniany w locie przez kilkakrotne pełne pociągnięcie cięgła wyzwalającego. Montaż zaczepu musi wykluczać możliwość ściśnięcia jego korpusu, a prowadzenie cięgła powinno dawać jak najmniejsze opory.

Ze względu na groźne następstwa, jakie może pociągnąć za sobą samowolne zwolnienie liny tuż po oderwaniu się szybowca od ziemi bądź też zacięcie uniemożliwiające odczepienie liny, zaczepy obwarowane są licznymi wymaganiami i zakazami. Każdy typ zaczepu poddawany jest sprawdzeniu przez organa nadzoru państwowego i bez odpowiedniego dopuszczenia nie może być użytkowany. Wytwórcy zaczepów zabraniają wykonywania przy zaczepach zmian oraz napraw, a jednocześnie ustalają dopuszczalne liczby startów (1000÷÷2000), po których wykonaniu zaczepy muszą być skierowywane do sprawdzenia i naprawy. Prace przy zaczepach, wykraczające poza zakres czynności obsługowych, mogą być wykonywane u wytwórcy lub w autoryzowanym zakładzie.

8/III

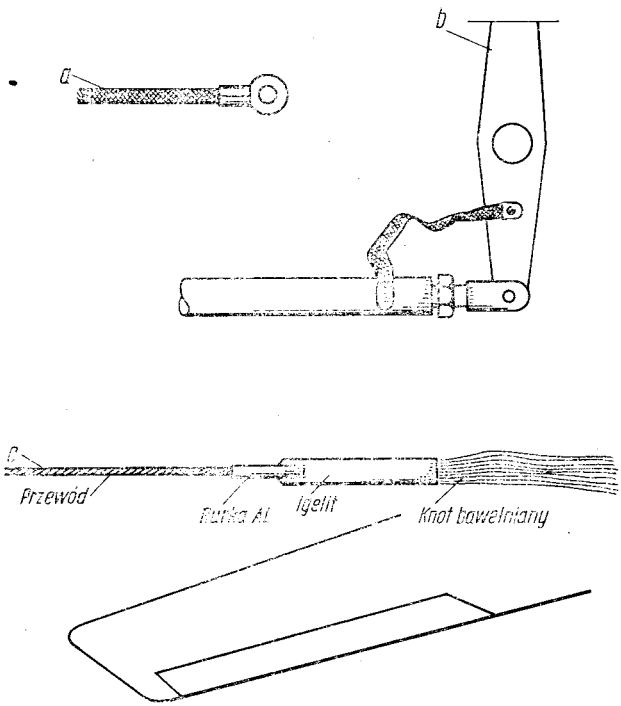
INSTALACJE UMASIENIA SZYBOWCÓW

Podczas wykonywania lotów, a zwłaszcza lotów w warunkach burzowych i w chmurach pomiędzy metalowymi elementami szybowca mogą występować wyładowania elektryczne w postaci iskrzenia i łuków elektrycznych. Zjawiska te mają charakter wyładowań elektrostatycznych i świadczą o istnieniu różnic potencjałów elektrycznych pomiędzy różnymi częściami metalowymi, które naładowują się w różnym stopniu od otaczającej szybowiec atmosfery. Podobne

zjawiska mogą występować także podczas startów za wy- 1
ciągarką, podczas których szybowiec, połączony z ziemią za 2
pomocą liny wyciągarkowej, uczestniczy w wyładowaniach 1
między ziemią a otaczającą go atmosferą.

Na oddziaływanie opisanych tu zjawisk narażona jest w pewnym stopniu załoga szybowca, ponieważ pilot ma kontakt ze sterownicami i obsługuje uchwyty różnych napędów i urządzeń, znajdujące się w kabinie.

W celu zabezpieczenia załogi i konstrukcji przed możliwymi skutkami wyładowań stosuje się w szybowcach specjalną instalację umasienia, polegającą na połączeniu wszystkich elementów metalowych jednym przewodem elektrycznym. Instalację taką wykonuje się z plecionych przewodów miedzianych o przekroju około 1 mm^2. Przewody te w postaci odpowiednio długich odcinków łączą stałe i ruchome części metalowe, a także tworzą mostki przy różnego rodzaju przegubach i połączeniach łożyskowych. Odcinki przewodów wyposażone są z obu stron w przylutowane metalowe końcówki (rys. 92*a*), za pomocą których łączy się elementy w sposób



Rys. 92. Elementy umasienia instalacji elektrostatycznej szybowca

pokazany na rysunku 92*b*, przedstawiającym zabezpieczenie połączenia popychacza z dźwignią.

Powstała w ten sposób sieć połączeń odprowadzana jest do rozładowywaczy miotełkowych, umieszczanych na końcach skrzydeł i usterzeniach szybowca. Na rysunku 92*c* pokazany jest rozładowywacz wykonany z grafitowanych włókien bawełnianych, które są wewnątrz oprawki połączone z końcami przewodów instalacji. Zadaniem tych rozładowywaczy jest rozpraszanie w atmosferze ładunków elektrycznych, a tym samym wyrównywanie potencjałów elektrycznych między szybowcem i atmosferą. Uzupełnieniem instalacji umasienia powinien być przewód elektryczny lub metalowy element szybowca (np. metalowa płoza ogonowa), stykający się z ziemią podczas lądowania szybowca.

9/III

WYPOSAŻENIE SZYBOWCA

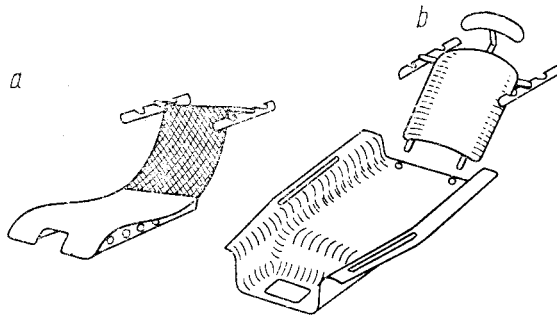
Wyposażenie szybowca można podzielić na wyposażenie stałe, to znaczy niezbędne do wykonania lotu, oraz na wyposażenie dodatkowe, przeznaczone do specjalnych celów, a więc znajdujące zastosowanie w wymagających tego przypadkach. Podstawowym wyposażeniem stałym w kabinie jest fotel pilota przystosowany swym kształtem do użytkowania spadochronu plecowego. W dawnych typach szybowców fotel, składający się z dwóch części — siedzenia i oparcia, stanowi odrębne części wkładane do kabiny i mocowane do podłogi i wewnętrznych ścian burtowych kabiny. Siedzenie, wykonywane ze sklejki, o kształcie „anatomicznym", może mieć w przedniej części wycięcie lub otwór do wyprowadzania drążka sterowego. Szczeliny między drążkiem sterowym i krawędziami otworu zakrywane są za pomocą tekstylnego mieszka zawieszonego na drążku, przez co zapobiega się wpadaniu luźnych drobnych przedmiotów pod podłogę kabiny (dostające się pod podłogę przedmioty tworzą groźbę zablokowania organów sterowych).

Oparcia pod plecy pilota wykonywane są często z mocnej tkaniny dekoracyjnej lub brezentu i w górnej części mają wsuniętą rurkę, którą można przestawiać w biegnących wzdłuż burt uchwytach zależnie od wzrostu pilota. Rozwiązanie takie pokazane jest na rysunku 93*a*. Zależnie od wzrostu pilota można też w większości szybowców przestawiać pedały steru kierunku.

Z chwilą wprowadzenia do budowy szybowców laminatów coraz częściej, nawet w szybowcach konstrukcji drewnianej,

pojawiają się laminatowe wewnętrzne ścianki kabin oraz laminatowe wkładki podłogowe z uformowanymi już w nich kształtami siedzeń (rys. 93b). Tego rodzaju rozwiązania zwiększają w znacznym stopniu bezpieczeństwo pilota w przypadku uszkodzenia kadłuba podczas lądowania.

Stosowanie zmniejszonych przekrojów kadłubów w szybowcach wyczynowych zmusza pilota do przyjmowania pozycji półleżącej, w związku z czym konieczne stało się zabudowywanie specjalnej podpórki pod głowę. Podpórka taka jest przestawiana zależnie od położenia oparcia.



Rys. 93. Fotele pilota

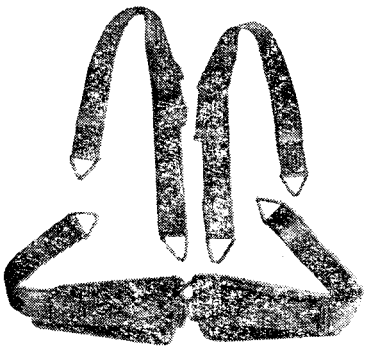
W celu zapewnienia większej wygody siedzenia foteli przykrywane są poduszkami wykonanymi z porowatej gumy lub innych tworzyw obciągniętych tkaniną dekoracyjną. Poduszki przymocowywane są do siedzeń za pomocą zatrzasków lub taśm.

Pasy pilota składają się z dwóch pasów brzusznych i dwóch pasów plecowych, spinanych centralnie za pomocą sprężynującej przetyczki z drutu. Do przetyczki przymocowany jest krótki pasek służący do szybkiego zwalniania pasów w sytuacjach awaryjnych (np. skok ze spadochronem). Pociągając prawą ręką za pasek powoduje się zwarcia sprężystych drutów przetyczki i wysunięcie jej z zespołu spiętych klamer pasów.

Pasy wykonywane są ze specjalnej tkaniny lnianej lub z włókien sztucznych o określonej wytrzymałości. Zespół pasów pokazany jest na rysunku 94. Znajdujące się przy pasach brzusznych szerokie nakładki służą do rozłożenia nacisków na większą powierzchnię, co ma chronić pilota przed doznaniem obrażeń wewnętrznych podczas czołowego zderzenia z przeszkodą przy lądowaniu. Wszystkie pasy mocowane są do okuć związanych z zasadniczą konstrukcją kadłuba, aby zapewnić wymaganą wytrzymałość połączenia.

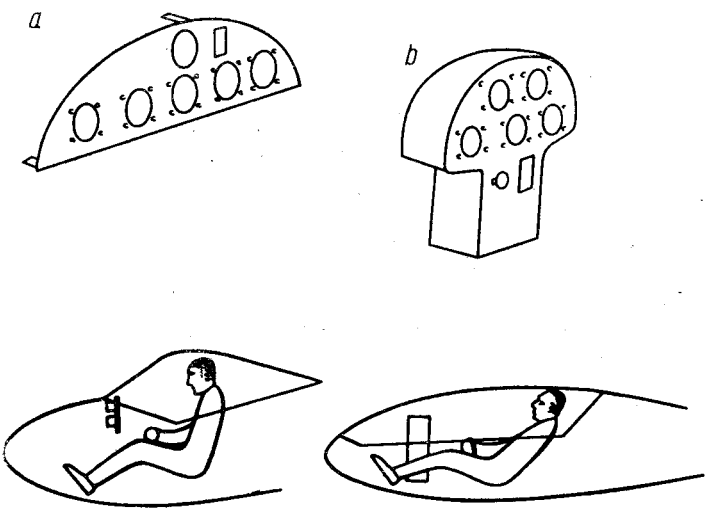
1 2 4 W szybowcach akrobacyjnych stosowany jest dodatkowy pas kroczny umocowany do konstrukcji między drążkiem sterowym i przednią krawędzią fotela. Pas ten jest niezbędny przy wykonywaniu lotów w pozycji odwróconej.

Tablice przyrządów pokładowych mają konstrukcję wynikającą z samego układu kabiny. W kabinie, w której pilot przyjmuje pozycję siedzącą, stosowana jest tablica wykonana



Rys. 94 Komplet pasów pilota

w sposób przedstawiony na rysunku 95*a*. Tablica taka zawieszona jest na amortyzatorach nad nogami pilota. Jeżeli kabina jest niska i pilot przyjmuje pozycję półleżącą, to tablica zabudowywana jest na kolumnie przechodzącej między nogami pilota (rys. 95*b*).

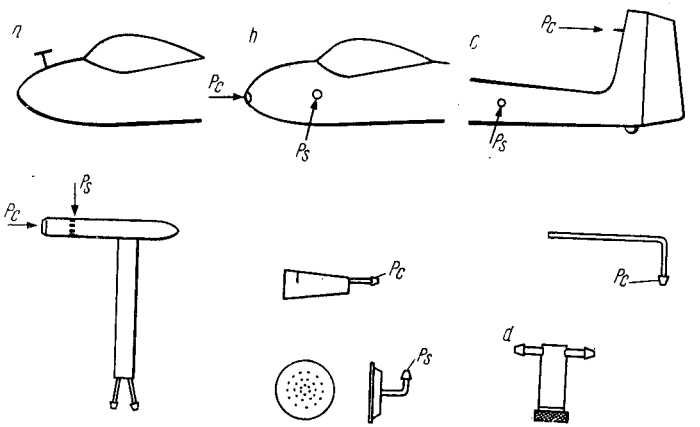


Rys. 95. Tablice przyrządów pokładowych

Tablice przyrządowe i kolumny wykorzystywane są do umieszczania na nich uchwytów cięgieł i włączników instalacji elektrycznych i zaworów instalacji tlenowych. Uchwyty cięgieł zwalniających zaczepy startowe mogą być umocowywane przy tablicach pod warunkiem, że ruchy tablic, wywołane wstrząsami udzielającymi się im podczas startu, nie spowodują samoczynnego zwolnienia zaczepu.

Przyrządy pokładowe, z wyjątkiem niektórych przyrządów specjalnych, mają znormalizowane wymiary średnic, co pozwala na ich wymianę lub dowolne grupowanie na tablicy. Na ogół dąży się jednak do rozmieszczania przyrządów w sposób jednolity, co znacznie ułatwia pilotaż szybowca.

Instalacje przyrządów ciśnieniowych składają się z dajników ciśnienia całkowitego i ciśnienia statycznego, przewodów oraz odwadniaczy. W nowych konstrukcjach nie spotyka się już ustawianych na kadłubie rurek spiętrzeniowych, gdyż zastępują je dajniki wbudowywane do ścianek kadłuba lub do statecznika pionowego. Na rysunku 96*a* pokazana jest ustawiona na wysięgniku rurka spiętrzeniowa, jaką spotyka się w starszych typach szybowców. Rysunek 96*b* przedstawia dajnik spiętrzeniowy przystosowany do zabudowy w nosowej części kadłuba. Dajnik ten pozbawiony jest obwodu ciś-



Rys. 96. Dajniki ciśnień i ich zabudowa na kadłubach szybowców

nienia statycznego, w związku z czym ciśnienie statyczne odbierane jest przez oddzielne dajniki rozmieszczone na obwodzie kadłuba w ściśle określonym jego przekroju.

Przy zabudowie tych dajników wymagana jest duża dokładność w zachowaniu ciągłości powierzchni (na pokryciu kadłuba), a więc dajniki nie powinny wystawać ponad powierzchnię kadłuba ani zapadać się w jej głąb.

1 2 6 Zamiast stosowanych przez wiele lat ciężkich i sztywnych przewodów gumowych, ostatnio stosowane są przezroczyste i giętkie węże winylowe, znacznie lżejsze, bardziej estetyczne i umożliwiające wzrokową kontrolę stanu ich wnętrza (zanieczyszczenia). Niekorzystną cechą węży winylowych jest skłonność do przyjmowania trwałych odkształceń w połączeniach z końcówkami przyrządów pokładowych, co prowadzi z czasem do zmniejszenia się szczelności połączeń.

W najniższych miejscach instalacji w przewody wstawiane są małe zbiorniczki odwadniające instalację (rys. 96*d*). Zbiorniczki zaopatrzone są w dolnej części w uszczelnioną podkładką nakrętkę spustową, która powinna być okresowo wykręcana w celu sprawdzenia zawartości zbiorniczka.

Do podstawowego zestawu przyrządów pokładowych niezbędnych do wykonania lotu zalicza się prędkościomierz, wysokościomierz, wariometr, zakrętomierz i busolę. Drugi wariometr oraz sztuczny horyzont można zaliczać do wyposażenia dodatkowego. Sztuczny horyzont niezbędny jest podczas wykonywania lotów bez widoczności ziemi. Jest to przyrząd kosztowny i wymagający jednoczesnego instalowania akumulatora zasilającego i przetwornicy prądu.

W ostatnim czasie znacznie rozszerzyły się możliwości wyposażenia szybowców wyczynowych w dodatkowe przyrządy Są to głównie nowoczesne wariometry elektryczne, dające wskazania wizualne i akustyczne, jak też różnego rodzaju kalkulatory lotu, z których część wyposażona jest w przeliczniki elektroniczne.

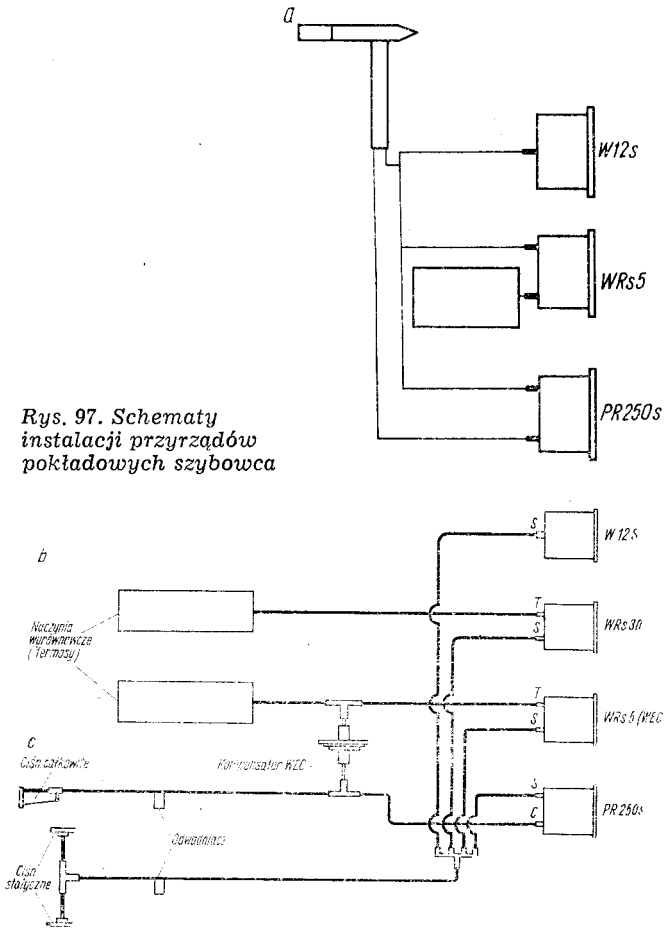
Przyrządy pokładowe, pracujące na zasadzie pomiaru ciśnień łączone są z dajnikami według układów pokazanych na rysunku 97. Rysunek 97*a* przedstawia schemat z zastosowaniem zwykłego wariometru wyposażonego w zewnętrzne naczynie wyrównawcze (termos), a na rysunku 97*b* pokazany jest układ z wariometrem mającym wewnętrzną komorę wyrównawczą. Trzeci schemat, widoczny na rysunku 97*c*, przedstawia układ wyposażony w wariometr energii całkowitej (WEC), współpracujący z kompensatorem WEC.

Uchwyty znajdujące się w kabinie i obsługiwane przez pilota mają znormalizowane barwne oznaczenia. Dla szybowcowego sprzętu krajowego ustalone są następujące barwy uchwytów:

Rodzaj uchwytu	Barwa uchwytu
zamki osłony kabiny	biała
zrzut awaryjny osłony	czerwona
zwalnianie zaczepu	żółta
hamulce aerodynamiczne	granatowa
klapy	kość słoniowa
podwozie	zielona

regulacja pedałów	brązowa	1
wentylacja kabiny	biała	2
instalacja tlenowa	błękitna	7
instalacja wodna	kość słoniowa	

Niezależnie od oznaczeń kolorowych, przy każdym uchwycie umieszczana jest tabliczka informacyjna o prostej do zrozumienia treści rysunkowej. Przykłady kilku stosowanych tabliczek pokazane są na rysunku 98. W kabinie pilota umieszczane są też w widocznym miejscu tabliczki podające

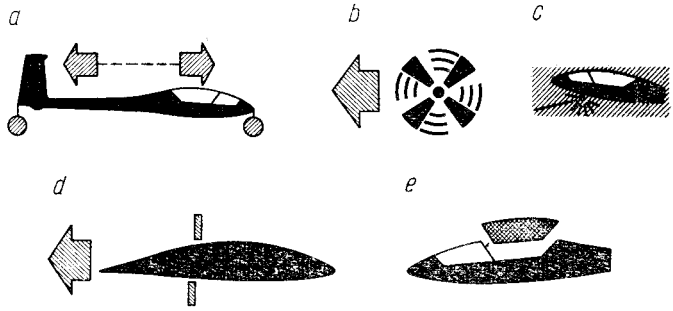


Rys. 97. Schematy instalacji przyrządów pokładowych szybowca

w zwięzły sposób zakres użytkowania szybowca. Przykład takiej tabliczki przedstawiony jest na rysunku 99.

W szczególnych przypadkach, na przykład przy wprowadzeniu ograniczenia zakresu użytkowania dla szybowca, umiesz-

1 czane są w widocznym miejscu w kabinie dodatkowe tab-
2 liczki — informująco-ostrzegawcze.
8 Instalacje tlenowe i radiowe składają się zwykle z kilku części rozmieszczonych w różnych miejscach kabiny, a nawet z tyłu, za kabiną. W każdym przypadku są one rozmieszczone i mocowane na podstawie dokumentacji przeznaczonej dla danego typu szybowca. Wymaganie takie podyktowane



Rys. 98. Tabliczki informacyjne (piktogramy) umieszczane w kabinie pilota

jest zarówno względami bezpieczeństwa szybowca, jak i poprawności działania urządzenia. Niedopuszczalne jest na przykład samowolne wiercenie otworów montażowych w elementach konstrukcji szybowca lub przekraczanie dopuszczalnego ciężaru szybowca albo też zmienianie położenia jego środka ciężkości. Nieodpowiednie ustawienie butli tlenowych może prowadzić do zamarzania zaworów tlenu, a niezgodne z dokumentacją rozmieszczenie zaworów lub wyłączników może utrudniać posługiwanie się urządzeniem podczas lotu.

Warunki użytkowania		
Prędkość (IAS) km/h	bez balastu	z balastem
V_T za samolotem	145	145
V_w za wyciągarką	110	
V_{NE} lotu nurkowego	245	245
V_s w atmosferze burzliwej	155	155
Masy kg		
Max w locie	360	460
Pusty	249	
Figury akrobacji: pętla, przewrót, wywrót szybki, spirala, korkociąg.		

Rys. 99. Tabliczka określająca zakres użytkowania szybowca

Dokumentacja zabudowy uwzględnia także wpływ przeciążeń, jakim mogą być poddawane elementy instalacji podczas lotu.

W każdym typie szybowca przewidziane są wydzielone pomieszczenia pełniące rolę bagażnika. Znajdują się one zwykle w pobliżu środka ciężkości szybowca, a więc za plecami pilota. Oprócz osobistego bagażu pilota do bagażnika załadowuje się zwykle pokrowce, narzędzia do demontażu szybowca i barograf. Przedmioty te zabezpieczane są przed wypadnięciem paskami umocowanymi do podłogi bagażnika lub do zamykanej osłony bagażnika.

Rozwój szybownictwa wyczynowego poszedł w kierunku przelotów szybkościowych i lotów wysokościowych, dlatego zaniechano wyposażenia szybowców wyczynowych (specjalnych) w światła pozycyjne niezbędne do wykonywania lotów nocnych. Jeżeli jednak światła takie mają być na szybowcu zainstalowane, to obowiązują odpowiednie przepisy wzorowane na przepisach obowiązujących dla samolotów (rozmieszczenie, barwy świateł i kąty widzenia).

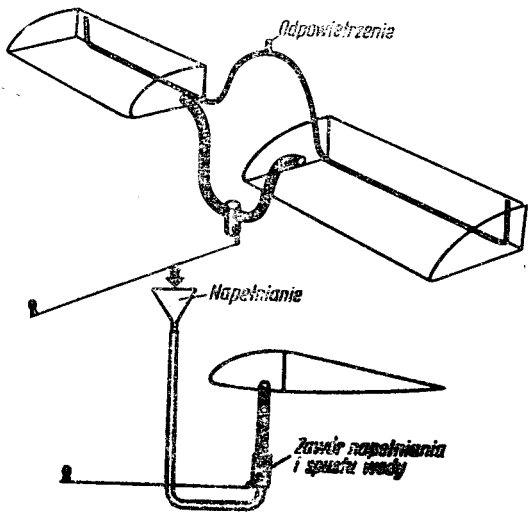
O dużej popularności przelotów szybkościowych świadczą tendencje do umieszczania w skrzydłach szybowców zbiorników na balast wodny o pojemności łącznej dochodzącej do 100 l. W przypadku konstrukcji drewnianych stosowane są zbiorniki z tworzyw wodoodpornych, natomiast w szybowcach laminatowych budowane są zbiorniki integralne, powstałe przez uszczelnienie specjalnym żebrem zamykającym przykadłubowej części kesonu skrzydła. Instalacja wodna składa się zwykle z dwóch zbiorników wyposażonych we wspólny zawór do napełniania i do szybkiego spustu wody oraz z przewodów odpowietrzających oba zbiorniki. Jeden ze stosowanych układów instalacji wodnej pokazany jest na rysunku 100. W celu uproszczenia instalacji napełnianie odbywa się tu od dołu przez zawór spustowy. Zabudowane do zbiorników rurki przelewowe sygnalizują całkowite napełnienie zbiorników.

10/III

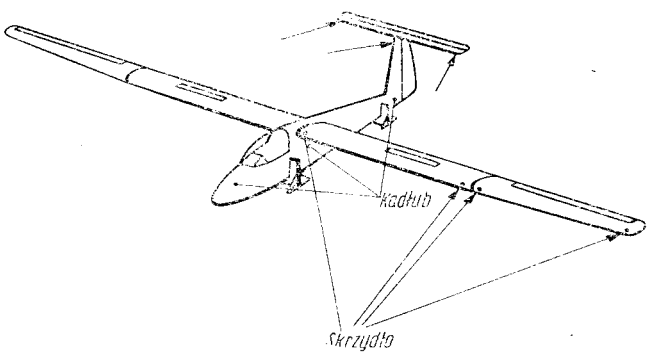
NIWELACJA I STABILIZACJA SZYBOWCA

Celem niwelacji jest sprawdzenie poprawności geometrii gotowego szybowca i jednocześnie sprawdzenie — w sposób pośredni — poprawności przyrządów produkcyjnych i montażowych, jakie są używane do produkcji szybowców. Aby umożliwić wykonanie pomiaru, na zespołach szybowców w miejscach wskazanych w dokumentacji są oznaczane w sposób trwały odpowiednie punkty stabilizacyjne. Położenie

tych punktów oznaczone jest na rysunku 101, wyjaśniającym zasadę niwelacji szybowca. Punktem wyjściowym jest ustawienie szybowca w ten sposób, aby oś podłużna kadłuba leżała w płaszczyźnie poziomej. Następną czynnością jest sprawdzenie, czy kadłub nie jest ustawiony z przechyłem w bok. Niwelacji dokonuje się przy użyciu niwelatora, który



Rys. 100. Instalacja balastu wodnego w skrzydłach

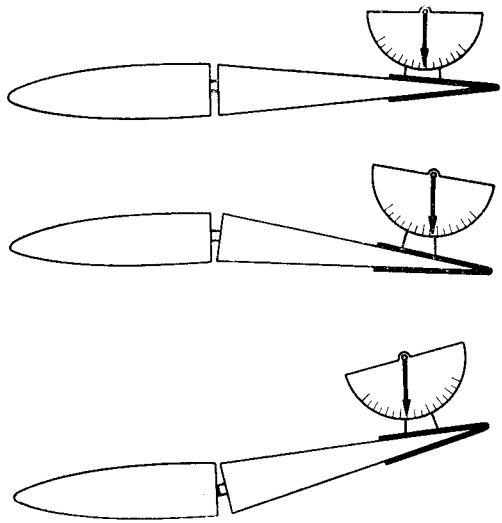


Rys. 101. Położenie punktów niwelacyjnych na szybowcu

wyznacza odpowiednią płaszczyznę odniesienia. W odniesieniu do tej płaszczyzny dokonuje się pomiaru wysokości punktów stabilizacyjnych lewej i prawej strony szybowca. Dopuszczalne odchyłki od dokumentacji i różnice między lewą i prawą stroną szybowca podawane są w arkuszu niwelacji

szybowca. Przy seryjnej produkcji szybowców niwelacji poddawane są wyrywkowo ustalone liczby egzemplarzy. 1 3 1

Przez pojęcie stabilizacji rozumie się głównie czynności wykonywane w celu uzyskania poprawnego wyniku niwelacji, a także czynności regulacyjne, a więc dotyczące ustawienia kąta zaklinowania skrzydeł lub usterzeń. W praktyce, przy nowoczesnych szybowcach, kąty ustawienia skrzydeł i usterzeń wynikają z dokładności oprzyrządowania produkcyjnego i na gotowym szybowcu nie mogą być już zmieniane bez naruszania struktury konstrukcji. Jedynie przy szybowcach



Rys. 102 Pomiar wychyleń sterów za pomocą kątomierza

zastrzałowych istnieje możliwość dokonania regulacji wzniosu skrzydeł lub stateczników wysokości. W dawniej użytkowanych szybowcach szkolnych stabilizacja obejmowała ustawianie wzniosu i zwichrzenia skrzydeł.

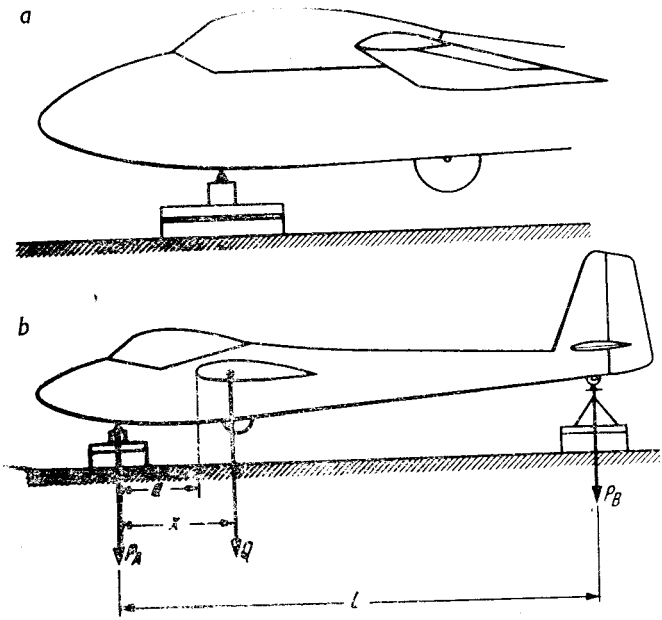
Do czynności stabilizacyjnych zalicza się także pomiar wychyleń lotek, sterów, klapek wyważających, hamulców aerodynamicznych i klap. Wychylenia sterów określane są w stopniach miary kątowej lub określane wymiarem liniowym. Sposoby pomiaru wychyleń sterów pokazane są na rysunku 102.

WAŻENIE, WYRÓWNOWAŻANIE, ŚRODEK CIĘŻKOŚCI

Z chwilą ukończenia budowy każdy egzemplarz szybowca poddawany jest ważeniu i wyznaczaniu położenia środka

ciężkości. Ważenie dotyczy oddzielnie głównych zespołów szybowca, to znaczy kadłuba, skrzydła lewego i prawego i usterzenia wysokości oraz gotowego do lotu zmontowanego szybowca. Podczas ważenia zmontowanego szybowca określa się jednocześnie położenie środka ciężkości.

Do ważenia szybowiec jest ustawiany na dwóch wagach w sposób pokazany na rysunku 103. Kadłub ustawiony jest osią podłużną w poziomie, a skrzydła utrzymywane w stanie równowagi (co bez trudności można zrealizować na krótki okres odczytywania wskazania wag).



Rys. 103. Ważenie szybowca i określanie położenia środka ciężkości

Ważenie warsztatowe dotyczy określenia środka ciężkości w cm w odniesieniu do krawędzi natarcia skrzydła w płaszczyźnie podziału skrzydło-kadłub. W związku z tym konieczne jest ustalenie wymiarów odcinków a oraz l zaznaczonych na rysunku 103*b*. Znając z ważenia reakcje P_A oraz P_B, a tym samym ich sumę równą ciężarowi całego szybowca Q ($P_A + P_B = Q$) można z równania momentów wyznaczyć długość x. Różnica między wymiarami x oraz a określa szukaną odległość środka ciężkości szybowca od krawędzi natarcia na żebrze przykadłubowym.

W przypadku, gdy położenie środka ciężkości wykracza poza ustalone ramy, konieczne jest odpowiednie wyrównoważenie

szybowca balastem, na przykład płytką ołowianą przykręconą śrubami do konstrukcji szybowca. 1 3

Jeżeli zaś przekroczony zostanie dopuszczalny ciężar własny szybowca, to w pewnym zakresie istnieje możliwość dopuszczenia go do użytkowania z ograniczeniem ciężaru ładunku. W takim przypadku konieczne jest dokonanie odpowiednich zmian w dokumentach szybowca i na tabliczce umieszczanej w kabinie. 3

12/III

NAPISY I OZNACZENIA NA SZYBOWCU

Na zewnętrznych powierzchniach szybowca nanoszone są następujące napisy:

— znaki rozpoznawcze szybowca,
— oznaczenie typu szybowca lub nazwa,
— numery fabryczne zespołów głównych,
— napisy informacyjne (np. „tu nie chwytać", „tu podpierać"),
— uwagi specjalne (np. „sprawdź zabezpieczenie sworznia"),
— oznaczenie ciśnienia w dętce koła

oraz inne uzasadnione napisy, numery konkursowe i emblematy użytkownika.

Zgodnie z wymaganiami przepisów, znaki rozpoznawcze umieszczane są po obu stronach kadłuba oraz z góry na prawym skrzydle i od dołu na lewym skrzydle. W przypadku szybowców laminatowych istnieje odstępstwo od tych zasad, mianowicie nie nanosi się znaków rozpoznawczych na górnej powierzchni skrzydeł. Wielkości liter i cyfr, ich kształty i rozmieszczenie określone są odpowiednimi przepisami.

CZĘŚĆ DRUGA

UŻYTKOWANIE SZYBOWCÓW

Rozdział I

PRACE WYKONYWANE PRZEZ PILOTÓW

1/I

MONTAŻ SZYBOWCA

Prace montażowe wykonywane są przy szybowcach często, głównie zaś po transporcie kołowym szybowca z przelotu, a także podczas przeglądów okresowych, napraw bieżących oraz składowania szybowca w okresie nielotnym.

Montaż szybowca poprzedzany jest pewnymi niezbędnymi przygotowaniami, na które składają się następujące czynności:

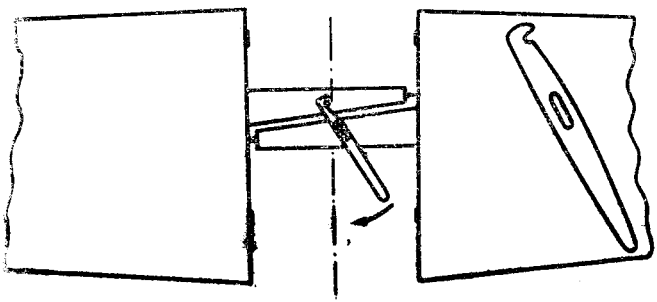
— wybór odpowiedniego miejsca,
— wyznaczenie osób biorących udział w pracy,
— przygotowanie odpowiednich przyrządów warsztatowych,
— przygotowanie odpowiednich narzędzi montażowych,
— przygotowanie zespołów szybowca do złożenia.

Szybowiec może być montowany wewnątrz hangaru lub na powietrzu przed hangarem, przy czym należy tu brać pod uwagę takie okoliczności, jak temperatura powietrza, oświetlenie, wiatr i kurz. Miejsce, na którym ma być składany szybowiec, powinno mieć wymiary zbliżone do prostokąta, o długości większej od rozpiętości szybowca i odpowiednio dużej szerokości, co przeciętnie daje wymiar 18×8 m.

Zwykle do sprawnego przeprowadzenia montażu konieczny jest udział 4÷5 osób znających, choćby ogólnie, budowę szybowca. Angażowanie większej liczby osób nie jest wskazane, gdyż wprowadza zamieszanie. Od pomocników wy-

magana jest dyscyplina i ścisłe wykonywanie poleceń osoby kierującej montażem.

W pracy niezbędne są pomoce warsztatowe w postaci różnej wielkości podstawek, kozłów warsztatowych i profilowanych stojaków. Niezbędny jest komplet narzędzi uniwersalnych, składający się z kluczy płaskich, szczypiec (kombinerek), wkrętaków, średniej wielkości młotka oraz specjalnego młotka z miękkiego metalu lub twardej gumy (do podbijania sworzni). W skrzynce narzędziowej powinien się też znajdować zestaw różnych podkładek i zawleczek oraz wyżarzony drut mosiężny do wykonywania zabezpieczeń połączeń. Obok narzędzi uniwersalnych niezbędne są zwykle narzędzia specjalne, przystosowane do montażu danego typu szybowca



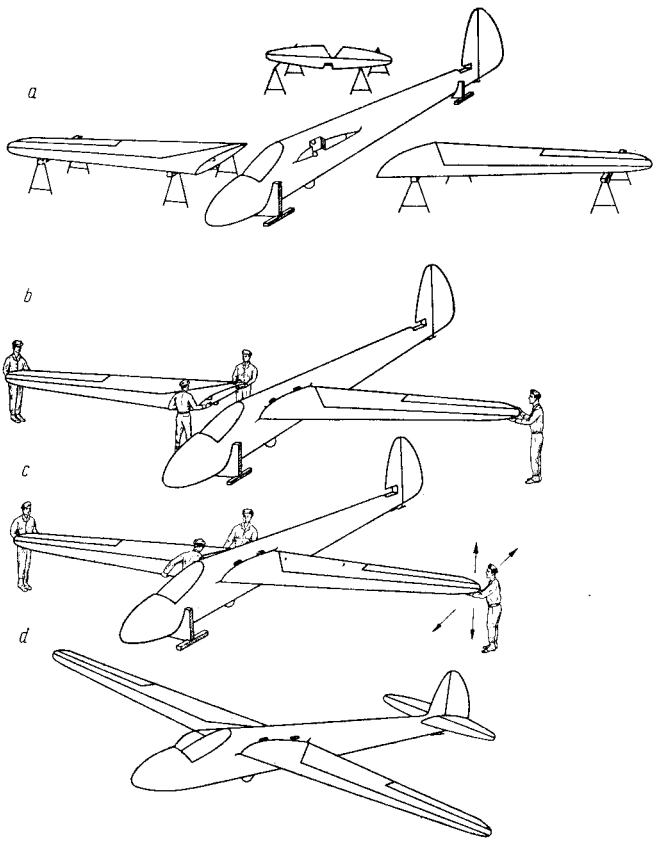
Rys. 104. Specjalne narzędzia montażowe szybowców

(rys. 104). Należy do nich na przykład duralowy kołek montażowy służący do naprowadzania otworów okuć, czworokątny klucz do wprowadzania sworzni głównych oraz specjalna dźwignia do dociągania skrzydeł (szybowiec „Jantar").

Poszczególne zespoły główne szybowca, a więc kadłub i skrzydła, należy ustawić w taki sposób, aby ograniczyć do minimum manewrowanie nimi podczas składania szybowca. Sposób przygotowania tych zespołów pokazany jest na rysunku 105*a*. Skrzydła i usterzenie wysokości spoczywają na miękko wyścielanych kozłach, kadłub natomiast wstawiony jest do odpowiednio profilowanego stojaka. Takie ustawienie zespołów umożliwia przeprowadzenie dokładnego oczyszczenia, przeglądu i konserwacji okuć, sworzni i złączy końcówek napędów. Korzystając z odciążenia kadłuba (brak skrzydeł), należy ustawić pod płozą ogonową odpowiednio wysoką podstawkę, która pozwoli na sprawdzenie stanu luku podwozia i zawieszenia koła, a także na sprawdzenie procesu chowania i wypuszczania podwozia.

Montaż szybowca rozpoczyna się od zabudowy skrzydeł. Przeważnie obojętna jest kolejność zabudowy skrzydeł. Osoba kierująca montażem powinna znajdować się przy nasa-

dzie skrzydła, aby mieć dostęp do łączonych okuć. Przed samym złożeniem zespołów wewnętrzne powierzchnie okuć i robocze powierzchnie sworzni powinny być lekko pokryte smarem. Dalszy przebieg montażu skrzydeł zależy od rodzaju konstrukcji szybowca. W przypadku szybowców o takim układzie konstrukcyjnym, jaki mają szybowce „Mucha", każde skrzydło zabudowywane jest oddzielnie. Podczas wsuwania głównych okuć skrzydłowych pomiędzy ucha okuć

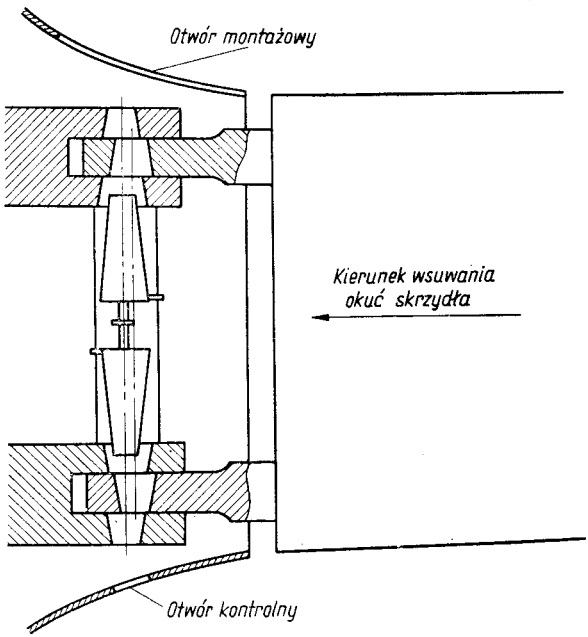


Rys. 105. Kolejne fazy montażu szybowca

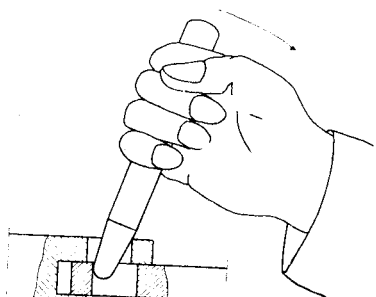
kadłubowych należy zachować właściwy wznios, aby nie dopuścić do deformacji okuć. Zasada łączenia skrzydła z kadłubem zastosowana w szybowcach takiego układu pokazana jest na rysunku 106. Do uzyskania współosiowości łączonych otworów konieczne jest zwykle posługiwanie się kołkiem montażowym (rys. 107). Czynność tę wykonuje kierujący

montażem, który też wydaje polecenia osobom podtrzymującym koniec skrzydła. 1 3 7

Podczas wykonywania tych prac niedopuszczalne jest sprawdzanie współosiowości przez wkładanie palca do łączonych otworów, gdyż w przypadku poruszenia jednym z zespołów grozi to poważnym okaleczeniem. Po ustaleniu współosiowości wprowadza się sworznie do otworów przez pokręcanie klucza montażowego wpuszczonego do otworu w śrubie

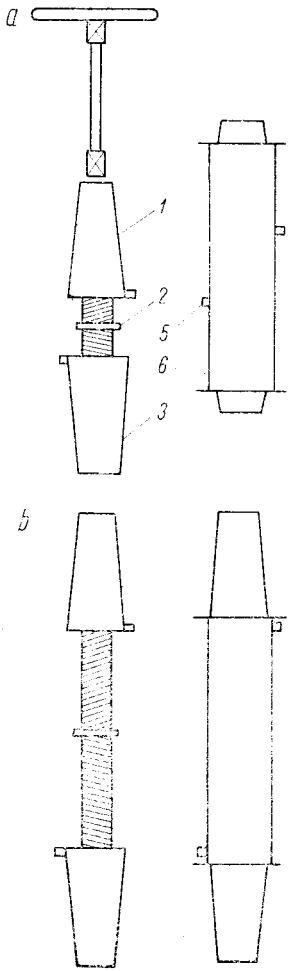


Rys. 106. Połączenie okuć głównych w szybowcu wolnonośnym



Rys. 107. Kołek do współosiowego ustawiania otworów okuć

prowadzącej oba sworznie (górny i dolny). Śruba ta wyposażona jest z jednej strony w gwint lewy, a z drugiej strony w gwint prawy, a więc służy zarówno do montażu, jak i demontażu skrzydeł. Po wprowadzeniu sworzni zabezpieczona przed obracaniem się śruba stanowi jednocześnie zabezpieczenie połączenia.

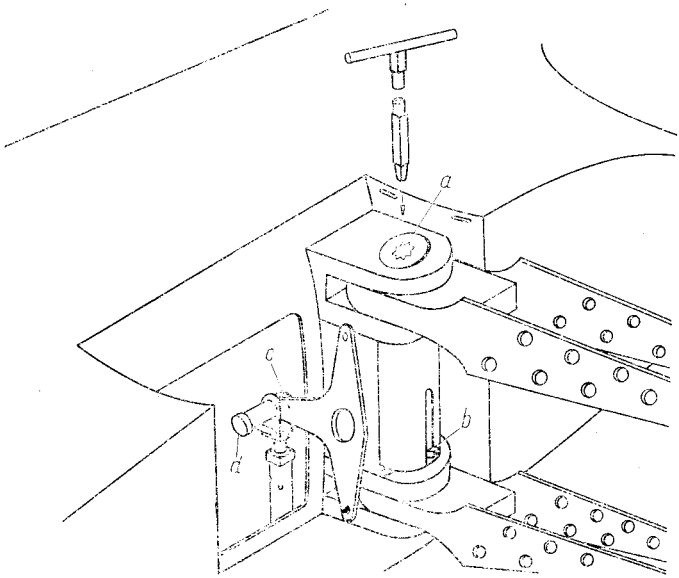


Rys. 108. Zespół dwóch sworzni stożkowych do łączenia okuć głównych

Zasadę konstrukcji i obsługi sworzni podczas prac montażowych wyjaśniono na rysunku 108. Stożkowy sworzeń górny *1* oraz dolny *3* wkręcone są na śrubę pociągową *2*. Obracaniu się sworzni zapobiegają kołki *5* wkręcone do sworzni, prowadzone w pionowych podłużnych wycięciach tulei *6*,

która jest umocowana nieruchomo do okuć kadłubowych. Kołki te stanowią jednocześnie wskaźniki położenia sworzni i są widoczne przy zdjętym wzierniku znajdującym się nad tym połączeniem. Połączenie dźwigara głównego z kadłubem, stosowane w szybowcach „Mucha", pokazane jest na rysunku 109, na którym dla lepszej przejrzystości nie zaznaczono konturów dźwigara.

Podczas dociągania sworzni *b* niedopuszczalne jest przedłużanie ramion klucza, gdyż może to prowadzić do zerwania gwintów. Ostateczne dociąganie sworzni wykonywane jest po zabudowie obu skrzydeł. W tym celu konieczne jest jed-



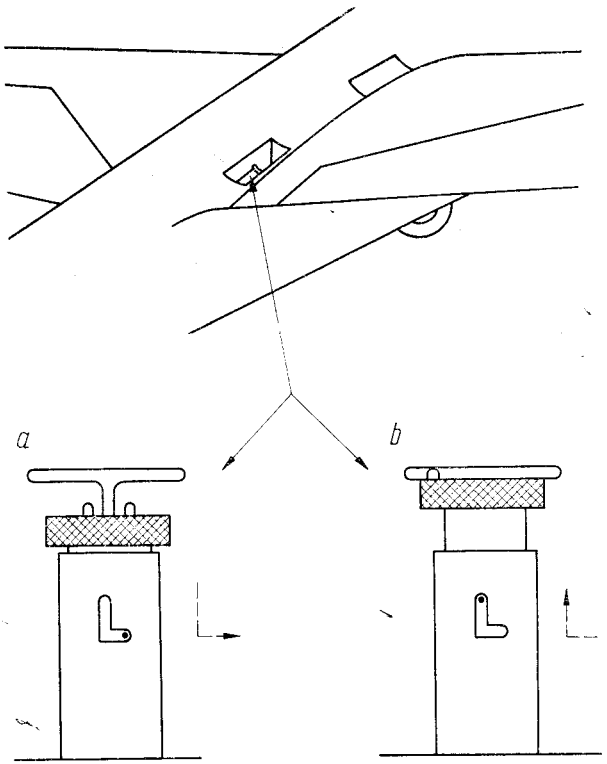
Rys. 109. Szczegóły połączenia skrzydła wolnonośnego z kadłubem („Mucha 100A")

noczesne uniesienie końców obu skrzydeł, powodujące odciążenie połączenia i umożliwiające dobre osadzenie sworzni w okuciach.

Jeszcze przed ostatecznym dociągnięciem sworzni głównych powinno nastąpić połączenie okuć pomocniczych. Również w tym połączeniu zastosowany jest sworzeń stożkowy (ułożony poziomo). Przez jego środek przechodzi stalowy pręt z jednej strony nagwintowany, z drugiej natomiast zaopatrzony w dospawane poprzeczne ramię. Sworzeń ten wstawiony jest z pewnym luzem do tulei *d* przymocowanej trwale do okucia w kadłubie. Po wprowadzeniu sworznia w łączone otwory

następuje dociągnięcie go za pomocą gwintowanego pręta, który stanowi jego pokrętło *a*. Zabezpieczenie połączenia polega na unieruchomieniu ramion pokrętła za pomocą koronkowo naciętej tulei pokazanej na rysunku 110. Tuleja ta dociskana jest w kierunku ramienia pokrętła za pomocą sprężyny. Na rysunku 110*a* pokazana jest tuleja w stanie odbezpieczonym (wciśnięta i lekko obrócona) natomiast na rysunku 110*b* — w stanie zabezpieczonym. W ten sam sposób postępuje się podczas montażu drugiego skrzydła.

Ostatnią czynnością jest podłączenie napędu lotek i hamulców aerodynamicznych. W połączeniach napędów zastosowane są złącza szybkorozłączne, umieszczone na końcach

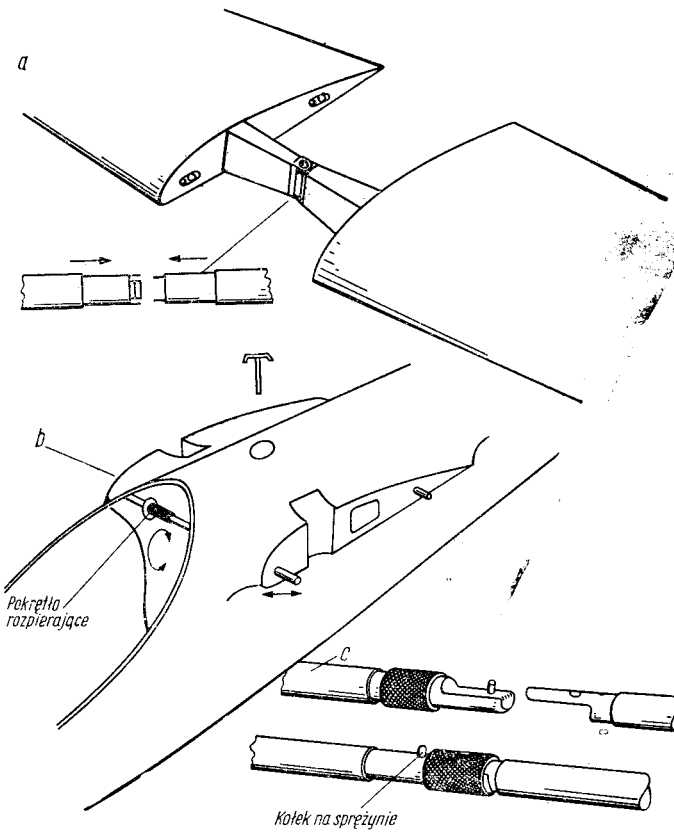


Rys. 110. Zabezpieczenie tylnego sworznia nośnego („Mucha 100A")

popychaczy kadłubowych. Sworzeń łączący, zakończony moletowanym uchwytem, umieszczony jest w tulejce dospawanej do jednego z ramion końcówki widełkowej. Znajdująca się wewnątrz tulejki sprężyna utrzymuje sworzeń w pozycji

wsuniętej. W celu umożliwienia połączenia popychacza z dźwignią napędową wystającą ze skrzydła, sworzeń należy wyciągnąć i przytrzymać.

Odmiennie przedstawia się montaż skrzydła w szybowcach o takim układzie, jaki reprezentują szybowce „Foka" i „Cobra". W konstrukcjach tych wystające ze skrzydeł nasadowe części dźwigarów głównych łączone są bezpośrednio ze sobą z pominięciem kadłuba. Do połączenia używany jest jeden zestaw sworzni stożkowych o układzie pokazanym na rysunku 108. Charakterystyczne cechy opisywanego rozwiązania konstrukcyjnego pokazane są na rysunku 111. Do czoła dźwigara jednego ze skrzydeł zabudowane są okucia główne o podwójnych uchach. Między wewnętrznymi uchami umocowana jest tuleja, stanowiąca obudowę i zarazem prowadnicę dwóch sworzni stożkowych. Na czole drugiego dźwigara znaj-



Rys. 111. Zasada montażu skrzydeł z kadłubem przy szybowcach „Foka" i „Cobra"

dują się dwa okucia główne o pojedynczych uchach (rys. 111a).

Dźwigary obu skrzydeł łączy się jednocześnie z zabudową skrzydeł do kadłuba. Do wręg głównych kadłuba zabudowane są cztery stalowe czopy nośne, z których przednie, lewy i prawy, osadzone są na rurze biegnącej wzdłuż przedniej wręgi głównej. Tym czterem czopom odpowiadają cztery gniazda umieszczone z tym samym rozstawem na żebrach nasadowych obu skrzydeł. Każde gniazdo ma przegubowo ułożyskowany pierścień, którego średnica odpowiada średnicy czopów kadłuba. Montaż szybowca polega na dostawieniu do kadłuba jednego skrzydła i bezpośrednio po tym dostawieniu drugiego skrzydła. W trakcie tych czynności następuje jednoczesne zgranie otworów okuć głównych na dźwigarach i wejście wszystkich czterech czopów w odpowiadające im pierścienie znajdujące się na żebrach nasadowych obu skrzydeł.

Po wprowadzeniu sworzni głównych w otwory okuć, co odbywa się w sposób opisany już poprzednio, oraz po dociągnięciu ich za pomocą klucza z uchwytem w kształcie litery „T", konieczne jest rozprężenie przednich stożkowych czopów kadłuba. Przednie stożkowe czopy osadzone są na nagwintowanej rurze zaopatrzonej w cylindryczne pokrętło z pierścieniem zabezpieczającym. Ponieważ jeden czop osadzony jest na gwincie lewym, drugi natomiast na gwincie prawym, przez obracanie pokrętła można powodować rozprężenie lub cofanie obu czopów (rys. 111b).

Sworznie główne, łączące dźwigary obu skrzydeł, zabezpieczone są przed wykręceniem się za pomocą klucza w kształcie litery „T", który pozostaje wewnątrz śruby (wsunięty do jej wnętrza). Zagięte ramię klucza wetknięte zostaje do jednego z kilku obwodowo rozmieszczonych otworów. Przed wysunięciem się klucz jest zabezpieczony wziernikiem zakrywającym znajdujący się na grzbiecie kadłuba otwór montażowy.

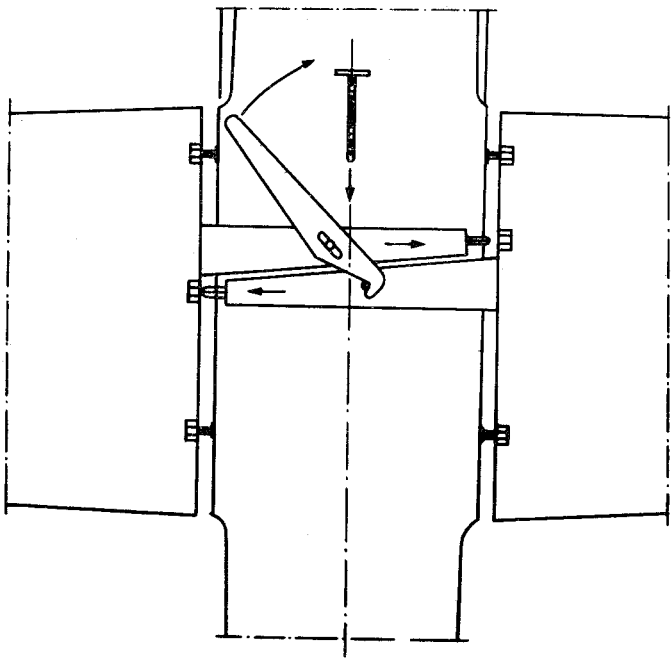
Popychacze napędzające układ sterowy lotek i hamulców aerodynamicznych łączy się przy wykorzystaniu dużego wziernika umieszczonego nieco dalej na grzbiecie kadłuba. W połączeniach zastosowane są złącza szybkorozłączne, takie jakie pokazane zostały na rysunkach 111c i 115. Zabezpieczanie tego rodzaju połączeń polega na nasunięciu na miejsce łączone moletowanej tulejki, która jest chroniona przed wysunięciem się za pomocą zatrzasku.

Nieco inaczej wygląda montaż skrzydeł z kadłubem w szybowcach laminatowych (np. „Jantar"1 lub „Jantar Standard"). Tu także dźwigary skrzydłowe łączone są ze sobą bezpośrednio bez udziału kadłuba. Sposób łączenia jest jed-

nak odmienny, a wynika or z przyjętej konstrukcji (rys. 50, 51 oraz 64).

Montaż jest o tyle uproszczony, że brak jest tu sworzni stożkowych i pokręteł rozprężających. Do ostatecznego wzajemnego dociśnięcia do siebie obu skrzydeł służy specjalna dźwignia montażowa (rys. 112), którą zakłada się na stalowe kołki specjalnie wlaminowane w tym celu do górnych ścianek obu dźwigarów.

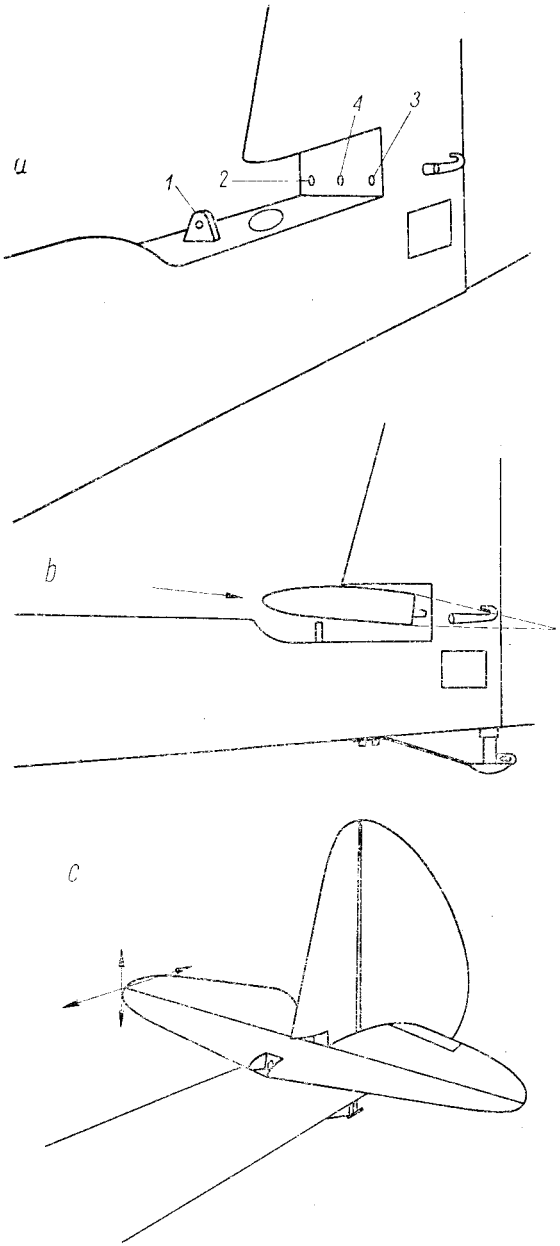
Połączenie napędu hamulców aerodynamicznych rozwiązane jest w tych szybowcach jako samoczynne, wymaga jednak



Rys. 112. Dociąganie skrzydeł do kadłuba przy zastosowaniu specjalnej dźwigni montażowej

prawidłowego ustawienia rury napędowej w kadłubie. Popychacze lotkowe mają połączenie szybkorozłączne (rys. 111c).

Po zakończeniu montażu skrzydeł przystępuje się do zabudowy usterzenia wysokości. W szybowcach takich, jak „Mucha 100A" lub „Mucha Standard", statecznik wysokości umocowany jest na trzech stalowych kołkach, które wchodzą w gniazda widoczne na rysunku 113*a*, oznaczone cyframi *1*, *2* oraz *3*. Do tych gniazd statecznik jest dociskany długą śrubą montażową, zakończoną z jednej strony gwintem, z dru-

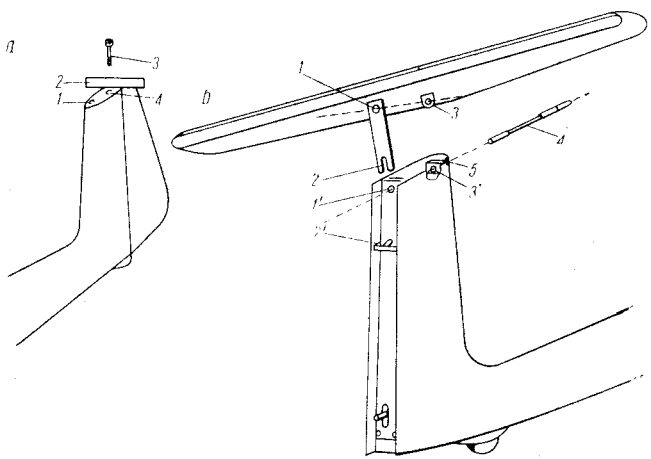


Rys. 113. Montaż usterzenia wysokości w szybowcu „Mucha 100A" i „Mucha Standard"

giej natomiast pokrętłem. Nagwintowany koniec śruby wkręcany jest po zabudowie statecznika do środkowego nagwintowanego gniazda 4. Miejsca zabudowy kołków do statecznika oraz prowadzenie śruby dociskowej pokazane są na rysunku 74*a*.

Uwaga osoby dokonującej zabudowy statecznika powinna koncentrować się na wprowadzaniu kołków do gniazd (wszystkie trzy jednocześnie) oraz na **jed**noczesnym sprzęgnięciu obu połówek steru wysokości z dźwigienkami sterującymi wystającymi z obu stron kadłuba. Najczęściej występującym błędem montażowym jest pominięcie prawidłowego wsunięcia dolnego kołka statecznika do gniazda *1* (rys. 113*a*). Poszczególne fazy montażu ilustrują rysunki 113*b* oraz 113*c*. Pokrętło śruby dociskowej statecznika ma zabezpieczenie sprężynowo-zapadkowe. Prawidłowości połączenia i wielkość luzów sprawdza się przez poruszanie za koniec statecznika w kierunkach oznaczonych strzałkami.

Usterzenia wysokości zabudowywane w górnej części statecznika kierunkowego, jakie spotykane są w szybowcach „Pirat" i „Jantar", zabudowywane są w sposób odmienny (rys. 114*a*, *b*). W szybowcu „Pirat" statecznik nakładany jest z góry i osadzany na zabudowywanym w stateczniku kierunkowym duralowym wsporniku w kształcie litery „T". Z przodu statecznik opiera się tępym stożkiem w gnieździe *1*. Do unieruchomienia połączenia i przenoszenia sił przeznaczona jest śruba *3* przechodząca przez tuleje wewnątrz statecznika wysokości i wkręcana do gniazda *4* w stateczniku pionowym. Do wkręcania śruby stosowany jest specjalny klucz monta-



Rys. 114. Montaż usterzenia wysokości w układzie „T"
a — szybowiec „Pirat", *b* — szybowiec „Jantar"

żowy, którego ramiona tak są zwymiarowane, aby podczas oburęcznego dokręcania nie dopuścić do wywarcia nadmiernego momentu dokręcającego (co może grozić zerwaniem gwintu).

Szczegóły połączenia statecznika wysokości, jaki zastosowany jest w szybowcach „Jantar", wyjaśnione są na rysunku 114*b* (porównaj też rys. 73). W tej konstrukcji element duralowy w kształcie litery „T" wlaminowany jest do dźwigarka statecznika wysokości. W górnej części element duralowy ma otwór do wprowadzenia sworznia, w dolnej natomiast zakończony jest widełkowym wycięciem, które chwyta kołek ustalający umocowany na tylnej ściance dźwigarka statecznika pionowego.

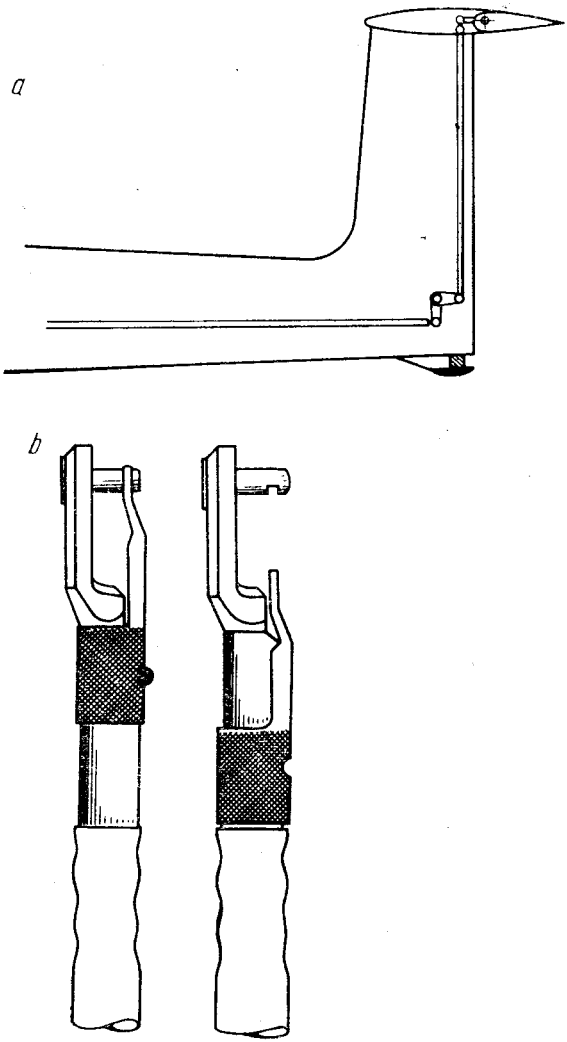
Od spodu w przedniej części statecznika wysokości wystaje z pokrycia okucie z otworem na sworzeń mocujący. Okuciu temu odpowiada okucie wlaminowane do żebra zamykającego od góry statecznik pionowy. Przedni i tylny otwór w okuciach statecznika wysokości (szczegóły *1* oraz *3*) ustawione są współosiowo i odpowiadają otworom 1′ oraz 3′ w stateczniku pionowym. Po założeniu statecznika wysokości przez otwory te wprowadzony jest sworzeń *4*. Sworzeń składa się w zasadzie z dwóch sworzni połączonych współosiowo za pomocą dospawanej rurki. Sworzeń przetyka się od przodu przez otwór *5* wykonany w laminatowym pokryciu statecznika pionowego. Po wsunięciu sworznia do końca następuje samoczynne zabezpieczenie jego położenia za pomocą zatrzasku sprężynowego.

Przy usterzeniach w układzie „T" do napędu steru wysokości stosuje się popychacze biegnące pionowo wzdłuż dźwigarka statecznika pionowego (rys. 115*a*). Połączenie popychacza z dźwignią steru wysokości zabezpiecza przesuwna tuleja zakończona widełkami, które wchodzą w podcięcie znajdujące się na sworzniu (rys. 115*b*). Tuleja w położeniu zabezpieczonym jest blokowana kołkiem, wypychanym przez otwór z wnętrza popychacza za pomocą sprężyny.

Podczas wykonywania prac montażowych przy szybowcach można spotkać połączenia wykonane przy zastosowaniu zwykłych sworzni walcowych, które zabezpieczone są przed wypadnięciem zawleczką lub są na końcu nagwintowane, co umożliwia zabezpieczenie ich za pomocą nakrętki tzw. koronkowej (także z zawleczką). Sworznie takie wykonywane są w różnych klasach dokładności i może się zdarzyć, że sworzeń wchodzi do otworów z pewnym oporem. W przypadku oporu (rys. 116) konieczne jest wprowadzanie sworznia z lekkim pobijaniem za pomocą odpowiednio dobranego młotka. Najlepiej jest użyć do tego celu młotka z miękkiego metalu lub twardej gumy. Jeżeli element, do którego

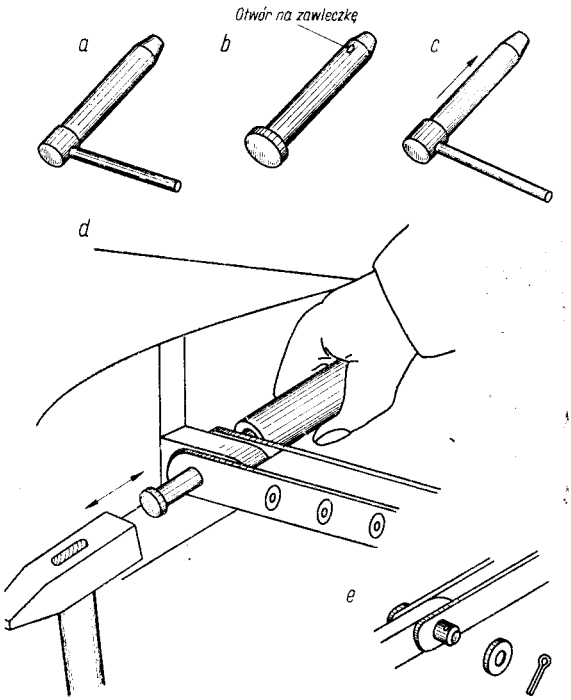
jest przymocowane okucie, jest lekki i mało sztywny, to konieczne jest zastosowanie podczas pobijania młotkiem odpowiednio ciężkiej przypory (rys. 116*d*).

Jeżeli sworzeń zaopatrzony jest w dźwigienkę uchwytową (rys. 116*a* oraz *c*), to w celu wprowadzenia sworznia praktykuje się wykonywanie wielokrotnego ruchu obrotowo-zwrotnego przez poruszanie tej dźwigienki z jednoczesnym wywieraniem siły wzdłuż osi sworznia. W opisywany sposób postępuje się także podczas rozłączania połączeń.



Rys. 115. Napęd steru wysokości przy układzie „T" i zabezpieczenie połączenia

Spotyka się wiele innych rozwiązań konstrukcyjnych w połączeniach usterzeń z konstrukcją szybowca i z napędami, przy czym niektóre z nich są w pewnym stopniu skomplikowane i wymagają odpowiedniego doświadczenia. W instrukcjach obsługi technicznej podawane są wyczerpujące objaśnienia i rysunki.



Rys. 116. Montaż sworzni walcowych

W pracach montażowych obowiązuje generalna zasada zabraniająca stosowania przemocy. Każdy montaż szybowca powinien się odbywać przy udziale lub pod bezpośrednim nadzorem mechanika posiadającego odpowiednie uprawnienia. Po zakończeniu prac dokonuje się sprawdzenia poprawności montażu i odnotowuje w książce szybowca, w rozdziale dotyczącym prac obsługowych, wykonanie montażu.

Do typowych błędów w pracach montażowych zalicza się zamianę części szybowca, nieodpowiednie luzy w połączeniach, odwrotne łączenie napędów, brak zabezpieczenia połączeń, rozstabilizowanie napędów oraz pozostawianie narzędzi wewnątrz konstrukcji szybowca.

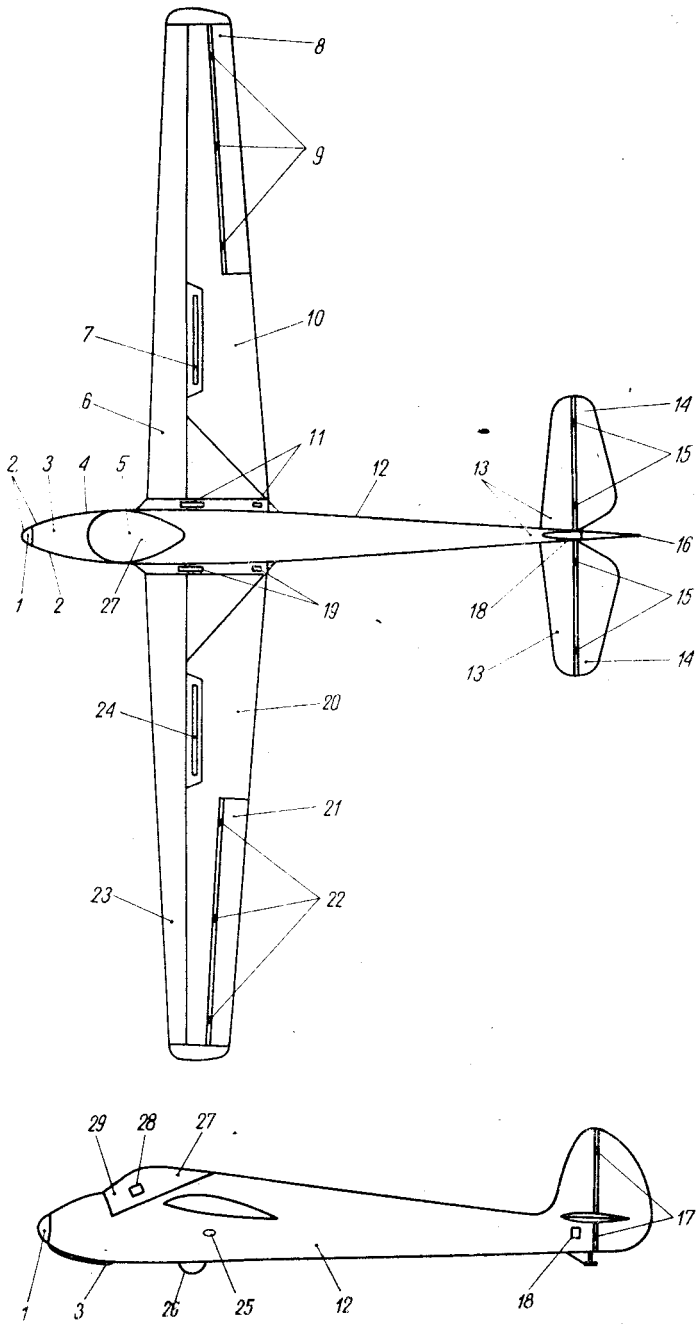
Techniczne przygotowanie szybowca do lotu poprzedzane jest sprawdzeniem dokumentów szybowca w celu stwierdzenia ważności świadectwa sprawności technicznej oraz aktualności wykonywanych ostatnio przeglądów okresowych. Odpowiednie informacje zawarte są w książce szybowcowej w ostatnim świadectwie oględzin szybowca oraz w rozdziale pt. „Prace okresowe". Obowiązek sprawdzenia dokumentacji ciąży na pilocie pobierającym szybowiec do lotu, a w przypadku szybowca szkolnego — na instruktorze prowadzącym loty szkolne.

Jeżeli przewidywane jest wykonywanie na szybowcu lotu wysokościowego, to należy sprawdzić, czy szybowiec wyposażony jest w aparaturę tlenową i czy w butlach znajduje się odpowiednia ilość tlenu. Jeżeli ma być wykonywany przelot np. po trójkącie, połączony z fotografowaniem punktów zwrotnych, to należy zatroszczyć się o zabudowę uchwytu do aparatu (oraz o aparat). Zależnie od rodzaju zamierzonego lotu konieczne jest przygotowanie barografu, radiostacji i spadochronu. Brak któregoś z tych niezbędnych akcesoriów z góry może przekreślić możliwość wykonania zamierzonego lotu.

Techniczne sprawdzenie gotowości szybowca polega na sprawdzeniu poprawności jego montażu, stanu zewnętrznych pokryć konstrukcji, prawidłowości działania urządzeń sterowniczych, zaczepu startowego oraz stanu przyrządów pokładowych. Związane z tym czynności wchodzą w zakres tzw. przeglądu przedlotowego, który w praktyce wykonywany jest według wypróbowanego w lotnictwie systemu, znanego pod określeniem „przeglądu według marszruty". Przegląd taki polega na przejściu wokół szybowca i sprawdzeniu kolejno mijanych punktów wskazanych w odpowiedniej instrukcji przeglądu.

Przegląd rozpoczyna się od przodu kadłuba i po sprawdzeniu stanu całego szybowca kończy się też przy przodzie kadłuba. Sposób przeprowadzania takiego przeglądu omówiono tu na przykładzie szeroko używanego, podstawowego szybowca wyczynowego, „Mucha 100A". Trasa marszruty przedstawiona jest na rysunku 117, na którym za pomocą kolejnych liczb wskazane są elementy podlegające kontroli.

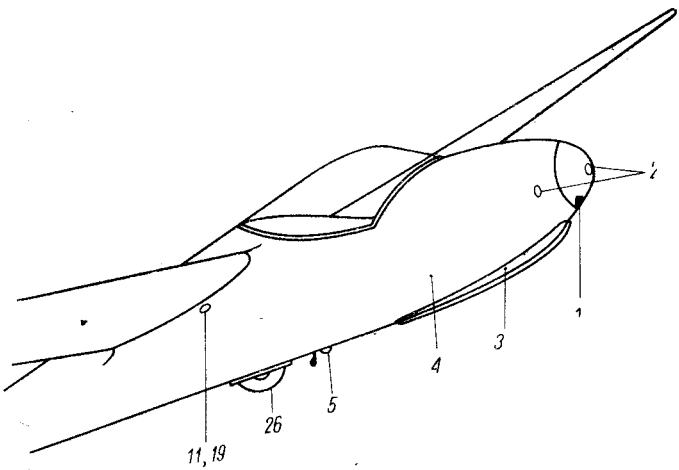
Pierwszą czynnością jest sprawdzenie przedniego zaczepu startowego *1* (rys. 117 oraz 118). Sprawdzeniu podlega czystość wewnątrz obudowy zaczepu, stan haka i szczęk zaczepu, zamykanie i otwieranie haka (powinien otwierać się z charakterystycznym trzaskiem). Następną czynnością jest



Rys. 117. Przedlotowy przegląd szybowca

sprawdzenie dajników ciśnienia statycznego i całkowitego 2, umieszczonych w kołpaku i na bocznych ścianach kadłuba. Otwory w dajnikach powinny być czyste (uwaga na pastę do polerowania kadłuba).

Sprawdzenie stanu płozy przedniej 3 polega na kontroli jej umocowania do kadłuba, stanu drewna (złamanie, pęknięcie, zużycie) oraz pokrowców profilujących. Jednocześnie sprawdza się stan dolnego pokrycia przodu kadłuba 4, któ-



Rys. 118. Przegląd przodu kadłuba

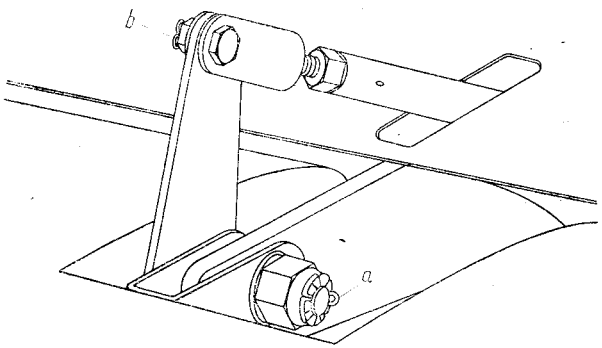
ry najbardziej jest narażony na uszkodzenia podczas lądowania w terenie przygodnym. Idąc dalej sprawdza się dolny zaczep startowy 5, korzystając ze wskazówek podanych przy omawianiu kontroli zaczepu przedniego.

Przechodząc do prawego skrzydła należy sprawdzić od góry i od dołu stan przedniego kesonu skrzydła 6. Keson nie powinien mieć pęknięć, głębokich rys ani przebić. Płyty hamulcowe, górne i dolne 7 nie powinny wystawać poza obrys profilu skrzydła (należy upewnić się, czy dźwignia napędowa w kabinie jest zablokowana). Przy końcu skrzydła należy sprawdzić stan końcówki, którą skrzydło wspiera się o ziemię, jak też zewnętrzną część lotki 8, która może nosić ślady uszkodzeń od stykania się z ziemią.

Przy lotce wymagane jest sprawdzenie listwy spływu, stanu pokrycia oraz wszystkich punktów zawieszenia 9. Należy także sprawdzić zabezpieczenia w połączeniach popychaczy sterujących lotką (rys. 119).

Idąc dalej w kierunku kadłuba sprawdza się stan listwy spływu skrzydła, żeberek i pokrycia 10. Po dojściu do kadłuba, przez odsłonięte otwory montażowe (po zdjęciu po-

kryw) i otwarte wzierniki należy sprawdzić prawidłowość montażu i zabezpieczenia sworzni głównych i pomocniczych oraz połączeń napędów lotki i hamulca *11*. Położenie sworzni głównych sprawdzić można po rozstawie kołków prowadzących sworznie (rys. 109 szczegół *b*) lub przez specjalne otwory kontrolne w górnym i dolnym pokryciu kadłuba (rys. 106). Przy otworach tych umieszczone są odpowiednie napisy, przypominające o obowiązku sprawdzenia sworzni. Idąc wzdłuż kadłuba w kierunku ogona należy obejrzeć dokładnie dolne pokrycie kadłuba *12*, gdyż jest ono narażone



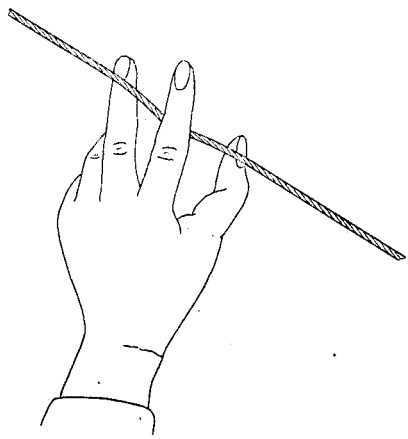
Rys. 119. Zabezpieczenie zawieszenia (a) i napędu lotki (b)

na uszkodzenia podczas lądowania w terenie przygodnym. Uszkodzenia takie, pozornie niewidoczne, polegają na nadłamaniu dolnej podłużnicy, która pod działaniem sklejki pokrycia przyjmuje normalne położenie. Przez oklepywanie kadłuba wzdłuż dolnej podłużnicy ułożoną płasko dłonią można sprawdzić, czy pokrycie jednakowo sprężyście odbija dłoń i czy odgłos towarzyszący tej czynności jest niezmienny. Po zdjęciu osłony profilującej *13* należy sprawdzić poprawność umocowania statecznika wysokości i zabezpieczenia pokrętła na śrubie montażowej (rys. 113). Jednocześnie sprawdza się zatrzaskowe połączenie napędu klapki wyważającej. Po starannym założeniu zdjętej przedtem osłony można przystąpić do sprawdzenia stanu pokrycia sklejkowego na obu powierzchniach statecznika wysokości, stanu opłótnienia i listwy spływu *14* na sterze wysokości oraz zawiasów zawieszenia steru *15* wraz z połączeniem dźwigni napędowej ze sterem wysokości.

Przy sterze kierunku konieczne jest sprawdzenie zawiasów zawieszenia *17* oraz połączeń linek sterowych (zabezpieczenie połączeń). Należy też zwrócić uwagę na stan opłótnienia i listwy spływu *16*.

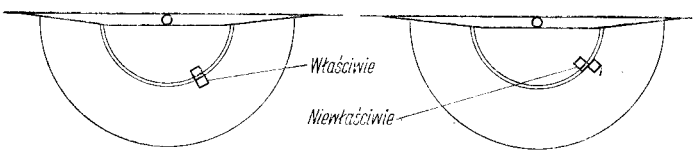
Drugą część przeglądu przeprowadza się po lewej stronie szybowca w ten sam sposób. Wykorzystując wziernik 25 umieszczony w bocznym pokryciu kadłuba, należy skontrolować wnętrze kadłuba (uwaga na czystość oraz obce przedmioty), gdzie poza częścią konstrukcji drewnianej widoczne jest połączenie sterownicy z linkami napędów. Stopień naciągu linek sterowych można sprawdzić w przybliżeniu sposobem pokazanym na rysunku 120. Właściwie naprężona linka powinna nieznacznie uginać się pod zdecydowanym naciskiem palca (rys. 120).

W kole podwozia sprawdzeniu podlega ciśnienie w dętce oraz poprawność osadzenia zaworu dętki w piaście. Jeżeli



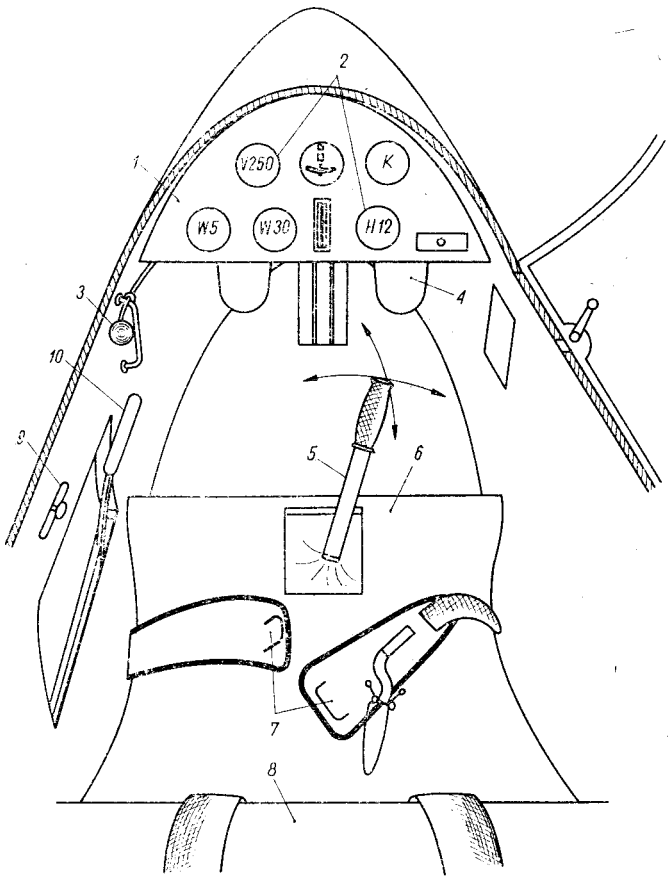
Rys. 120. Przybliżone sprawdzenie naciągu linki sterowej

sam zawór jest niewidoczny (bez zdjęcia osłony piasty), to wystarcza sprawdzenie, czy nie występuje przesuwanie się ogumienia względem piasty. Zjawisko to rozpoznaje się po przesunięciu się znacznika naniesionego czerwoną farbą na oponie (rys. 121). Ciśnienie powietrza w dętce można sprawdzić z dostatecznym przybliżeniem na podstawie stopnia ugięcia opony. Przy stosowanych obecnie ogumieniach wymagane jest lekkie ugięcie półokrągłego przekroju pneumatyka przy pustym szybowcu stojącym na twardym i równym podłożu.



Rys. 121. Sprawdzenie przesuwania się opony na piaście koła

1 Przeglądu kabiny szybowca można dokonać z zewnątrz, ce-
5 lowe jest jednak następnie zajęcie miejsca w kabinie w celu
4 sprawdzenia sprawności działania znajdujących się w niej urządzeń. Z zewnątrz można sprawdzić stan oszklenia osłony (zanieczyszczenia, pęknięcia, brak odsuwanego okienka), przyleganie ramy osłony do obrzeża kabiny oraz jej szczelność. Podlegające przeglądowi elementy, znajdujące się wewnątrz kabiny, przedstawione są na rysunku 122. Przegląd



Rys. 122. Przedlotowy przegląd kabiny szybowca

można rozpocząć od tablicy przyrządów *1*. Należy sprawdzić jej umocowanie (aby np. nie spadła podczas startu na nogi pilota) oraz położenie wskaźników na tarczach przyrządów *2*. Wskaźniki powinny znajdować się w położeniach wyjściowych. Przez włączenie zasilania, a następnie zdecydowane

naciśnięcie lewej lub prawej strony tablicy można sprawdzić pracę i odpowiednie wychylanie się wskaźnika zakrętomierza. Drożność instalacji prędkościomierza i wariometrów, a jednocześnie prawidłowość podłączenia przewodów można sprawdzić przez wytwarzanie (dłonią) różnicy ciśnień na dajnikach, co wymaga jednak pewnej wprawy. Wytwarzanie ciśnień przez dmuchanie w dajniki jest w zasadzie niedopuszczalne, gdyż grozi uszkodzeniem przyrządów. Dalszą czynnością jest sprawdzenie zawartości odwadniaczy. Po wykręceniu korków i wytrząśnięciu zawartości korki należy szczelnie dokręcić.

W dalszej kolejności należy sprawdzić stan uchwytu zwalniacza zaczepu *3* i działanie jego instalacji. Zwalnianie każdego z zaczepów powinno następować (charakterystyczny trzask) dopiero po wyraźnym wyciągnięciu uchwytu na długość kilkunastu milimetrów. Jeżeli zaczep zwalnia się jednocześnie z rozpoczęciem ruchu uchwytu, to konieczne jest wydłużenie linki zwalniającej (porównaj rys. 90c oraz odpowiadający mu tekst).

Sprawdzenie sterownic rozpoczyna się od pedałów *4*. Przy równoległym ustawieniu pedałów ster kierunku nie może być wychylony. Regulacja ustawienia pedałów (do przodu — do tyłu) powinna mieć skuteczne blokowanie. W przypadku szybowca dwumiejscowego „Bocian" należy oddzielnie sprawdzić wychylenia steru uzyskiwane z pierwszej i z drugiej kabiny (w przypadku wadliwej regulacji wychylenia z drugiej kabiny mogą być mniejsze). Sprawdzając wychylenia należy przekonać się, czy kierunki wychyleń steru odpowiadają wychyleniom pedałów.

Wychylając drążek sterowy w czterech podstawowych kierunkach należy obserwować kierunki wychyleń steru wysokości i lotek. Słuchowo należy sprawdzić, czy ruchom sterownic nie towarzyszą odgłosy tarcia napędów. Korzystając z pomocy drugiej osoby, która kolejno podtrzymuje stery i lotki, należy sprawdzić przez wykonywanie krótkich ruchów drążkiem, czy w napędach nie występują luzy.

Fotel pilota *6* oraz ułożona na nim poduszka powinny być pewnie umocowane, ponieważ ich przesunięcia się podczas lotu mogą spowodować zablokowanie drążka sterowego. Podobnie należy sprawdzić stan mieszka, przez który przechodzi drążek sterowy. Tkanina mieszka nie powinna tworzyć wklęsłości, gdyż mogą gromadzić się w nich luźne drobne przedmioty, ograniczając lub blokując wychylenia drążka sterowego. Należy następnie sprawdzić stan tkaniny i szwów pasów pilota oraz działanie zamka spinającego pasy. Oparcie pilota *8* powinno w sposób pewny ustawiać się w kolejnych położeniach.

1 5 6 Przestawiając suwak sterujący klapki wyważającej 9 w oba skrajne położenia należy sprawdzić, czy uzyskiwane są odpowiednie wychylenia klapki i czy zostają one zachowane podczas wychylenia steru. Przy uruchamianiu i zamykaniu dźwigni napędowej hamulców aerodynamicznych *10* należy zaobserwować występowanie charakterystycznego przeskoku, sygnalizującego przejście układu dźwigniowego przez „martwy punkt" w systemie blokującym. Siła potrzebna do odblokowania i zablokowania hamulców nie może być nadmierna i powinna odpowiadać wartościom podanym w instrukcji szybowca. Niedopuszczalny jest zupełny zanik siły charakterystycznej dla blokowania hamulców.

Zwykle do dźwigni hamulców aerodynamicznych podłączone jest cięgło hamulca kółka podwozia. Efekt działania hamulca kółka powinien być wyczuwalny mniej więcej w połowie wychylenia płyt hamulcowych. Przy zbyt ostro wyregulowanym hamulcu kółka następuje ograniczenie wychylenia płyt hamulców aerodynamicznych, co jest niedopuszczalne i może w skutkach okazać się groźniejsze niż brak skutecznego hamulca koła.

Zamykając osłonę kabiny należy sprawdzić skuteczność zamków blokujących. Dające się poruszać bez oporów dźwignie blokujące nie zapewniają poprawności działania. Elementy blokujące, w postaci pręta lub zęba, powinny wsuwać się całkowicie do otworów znajdujących się w okuciach na burcie kabiny. Kończąc przegląd należy sprawdzić, czy w kabinie nie pozostawiono luźnych przedmiotów.

3/I

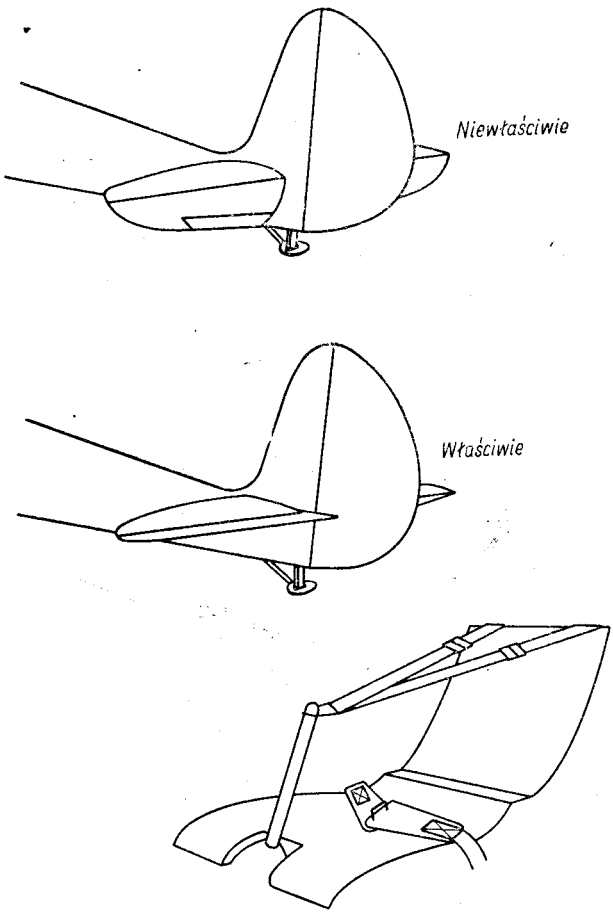
TRANSPORT SZYBOWCA NA START

Współczesny szybowiec transportowany jest na start na własnym podwoziu kołowym. Przy większych odległościach siłę pociągową stanowi zwykle pojazd mechaniczny, przy mniejszych natomiast szybowiec jest ciągnięty przez pilotów. Przy zastosowaniu mechanicznego środka pociągowego praktykowane jest często jednoczesne transportowanie kilku szybowców.

Przygotowanie szybowca do transportu polega głównie na zabezpieczeniu usterzenia wysokości przed ujemnymi skutkami wstrząsów, jakie towarzyszą toczeniu się szybowca po ziemi. Swobodny ster wysokości, zwisający pod własnym ciężarem, podlega obciążeniom dynamicznym oddziałującym ujemnie na ograniczniki wychyleń, zawiasy i sterownicę. W celu zabezpieczenia układu steru wysokości przed uszkodze-

niami stosuje się proste sposoby unieruchomienia napędu, czy to za pomocą pasów pilota, czy też spadochronu przytrzymującego drążek sterowy. Jeden ze sposobów pokazano na rysunku 123. 157

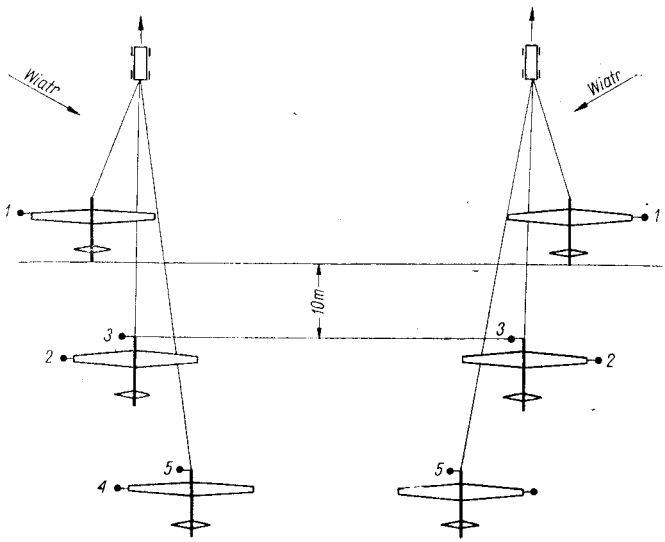
Podczas transportu szybowca na start w kabinie jego składa się niekiedy płótna startowe, spadochrony i inne części wyposażenia startowego. Drobne i twarde przedmioty, które mogą uszkodzić wnętrze kabiny lub pozostać pod fotelem lub podłogą, powinny być przewożone innym pojazdem lub wózkiem startowym. Niedopuszczalne jest zajmowanie miejsca w kabinie, gdyż w nieuzasadniony sposób obciąża się przez to podwozie szybowca.



Rys. 123. Zabezpieczenie usterzenia wysokości przed transportem na start

Do holowania po lotnisku nie należy stosować lin holowniczych. Mogą natomiast znaleźć zastosowanie odpowiednio oznakowane skasowane liny holownicze wyposażone w oryginalne ogniwa zaczepowe. Transport powinien odbywać się z prędkością odpowiadającą przeciętnej prędkości idącego człowieka, który jedną ręką przytrzymuje skrzydło szybowca. Człowiek ten powinien znajdować się przy skrzydle od strony wiatru. Jeżeli wiatr jest silny, to konieczne jest wtedy przytrzymywanie szybowca za końce obu skrzydeł. Skrzydło od strony wiatru powinno być nieco opuszczone, aby nie dopuścić do podwiania go od dołu.

Najbardziej przydatnym pojazdem do holowania szybowców po lotnisku jest ciągnik gospodarczy, ponieważ przystosowany jest do powolnej jazdy, ma dużą siłę ciągu, dzięki czemu może jednocześnie holować kilka szybowców, a przy tym zapewnia bezpośredni kontakt pomiędzy kierowcą i obsługą prowadzącą szybowce.



Rys. 124. Transport szybowców na start za ciągnikiem

Jeżeli holowanych jest jednocześnie kilka szybowców, to powinny one być usytuowane w sposób pokazany na rysunku 124, przedstawiającym dwa warianty, stosowane zależnie od kierunku wiatru. Zawsze należy pamiętać o tym, że przytrzymywać należy szybowiec za skrzydło znajdujące się od strony wiatru. Długości lin powinny być tak dobrane, aby odstępy pomiędzy kolejnymi szybowcami nie były mniejsze niż 10 m. Podczas poruszania się zespołu zawsze istnieje moż-

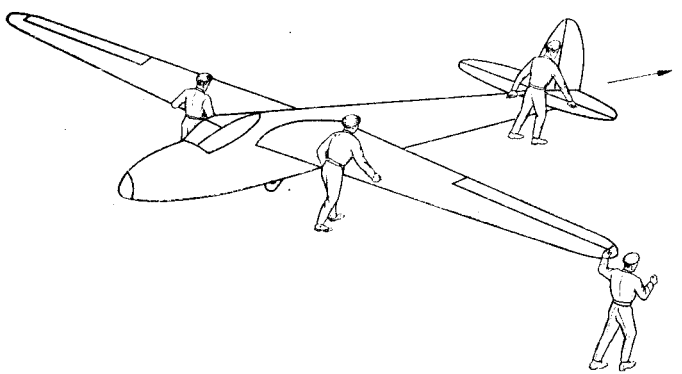
liwość zerwania się jednej z lin lub wyczepienia się któregoś z szybowców. Z tego względu przy kabinie drugiego i trzeciego szybowca powinien iść pomocnik, obserwujący cały czas poprzedzający go szybowiec. Z chwilą spostrzeżenia, że znajdujący się przed nim szybowiec zatrzymał się, pomocnik odczepia natychmiast konwojowany szybowiec i krzykiem ostrzega osoby znajdujące się przy pozostałych szybowcach. W razie potrzeby można wykorzystać hamulce kółka. Z tych względów powinno być odsunięte okienko z lewej strony osłony kabiny lub odbezpieczony zamek osłony. 1 5 9

Szczególnie skłonne do samowyczepiania się są zaczepy startowe z samoczynnymi wyrzutnikami liny. Samowyczepienie może nastąpić w przypadku gdy holowany szybowiec wkołuje na „poluzowaną linę. Z tego też względu nie zaleca się ustawiania szybowców, wyposażonych w zaczepy z wyrzutnikami liny, na innych pozycjach niż ostatnie.

Podczas transportu na start szybowce mają skłonność do ustawiania się wzdłuż osi podłużnej pojazdu holującego, toteż przy transportowaniu więcej niż jednego szybowca konieczne jest przeciwdziałanie tej skłonności przez lekkie przytrzymywanie końca skrzydła. Jeżeli konwojowany szybowiec zbliża się do liny ciągnącej następny szybowiec, należy zwolnić krok i w ten sposób spowodować oddalenie się szybowca od liny.

Przy ręcznym przetaczaniu szybowca na starcie lub pod hangarem najbardziej korzystne jest pchanie szybowca ogonem do przodu, przez uchwycenie za kesony skrzydeł (rys. 125).

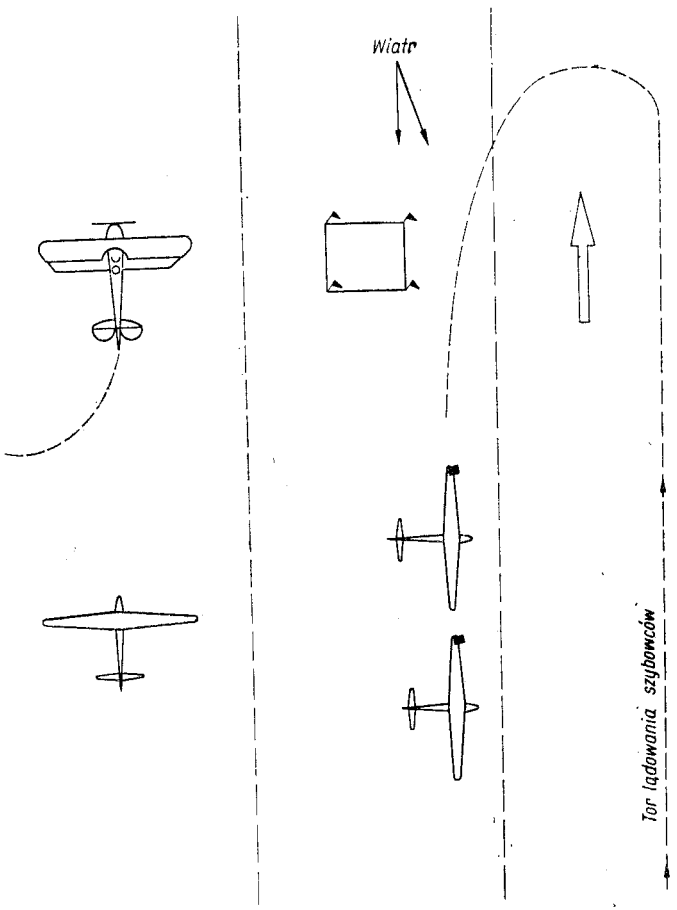
Podczas poruszania się po lotnisku konieczne jest przestrzeganie obowiązujących przepisów ruchu. Ponadto należy zważać, aby nie zbliżać się od tyłu do samolotów z pracującymi



Rys. 125. Ręczny transport szybowca na start

silnikami, gdyż wytwarzany podmuch zaśmigłowy może spowodować uszkodzenia sterów szybowca. Przy silnym wietrze jednoczesne holowanie na start dwóch lub więcej szybowców jest niewskazane.

Miejsce ustawienia szybowców na starcie określone jest odpowiednimi przepisami i usytuowane jest tak, jak to przedstawia rysunek 126. Szybowce powinny być ustawiane bo-



Rys. 126. Ustawienie szybowców na starcie

kiem do kierunku wiatru, a gdy wiatr jest silny i przejawia chwilowe odchylenia od zasadniczego kierunku, to powinny być ustawiane nieco tyłem do wiatru.

PRZEDSTARTOWY PRZEGLĄD SZYBOWCA

Bezpośrednio przed lotem wykonywany jest krótki przegląd szybowca, w celu sprawdzenia:

— odblokowania sterów, jeśli były na czas postoju celowo unieruchomione ze względu na silny wiatr,
— swobody wychyleń sterów,
— zabezpieczenia bagażu przed przesuwaniem się,
— zapięcia pasów i poduszek w drugiej kabinie (szybowiec dwuosobowy),
— zamknięcia zamków osłony drugiej kabiny,
— działania radiostacji pokładowej,
— działania aparatu tlenowego (wskaźnika przepływu tlenu),
— rozlokowania mapy, okularów, pożywienia itp.,
— obecności na pokładzie i umocowania narzędzi do demontażu,
— naciągu sprężyny mechanizmu i pracy barografu,
— zdjęcia pokrowca z rurki spiętrzeniowej,
— odpowiedniego ustawienia pedałów i oparcia,
— odpowiedniego wydłużenia lub skrócenia pasów pilota,
— zabudowy i przygotowania do pracy aparatu fotograficznego.

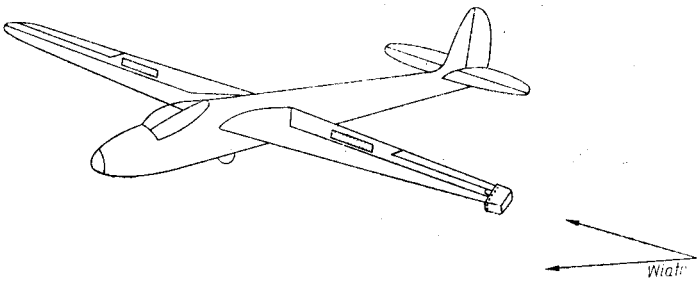
5/1

ZABEZPIECZENIE SZYBOWCA W TERENIE PRZYGODNYM

Pierwszą czynnością pilota po wylądowaniu w terenie przygodnym jest odpowiednie zabezpieczenie szybowca przed możliwością uszkodzeń, jakie mogą spowodować zmienne warunki atmosferyczne (wiatr, deszcze) lub przypadkowo gromadzący się wokół szybowca ludzie. Jest to szczególnie ważne zwłaszcza wtedy, gdy pilot zmuszony jest oddalić się od szybowca, na przykład w celu telefonicznego powiadomienia lotniska o swoim lądowaniu.

W sposób doraźny, jeszcze przed podjęciem ostatecznej decyzji co do miejsca ustawienia szybowca, należy zabezpieczyć szybowiec przed podmuchami wiatru, ustawiając go w ten sposób, jak to się praktykuje na lotnisku, to znaczy bokiem do wiatru z lekkim odchyleniem tylnym (rys. 127). Skrzydło znajdujące się od strony wiatru powinno być opuszczone na ziemię i przytrzymane w tej pozycji przez przywiązanie do wbitego w ziemię kołka, a w ostateczności przez obciążenie go znajdującym się w torbie transportowej spadochronem.

1 Może być do tego celu użyty przypadkowo znaleziony cięż-
6 ki przedmiot pozbawiony ostrych krawędzi.
2 Hamulce aerodynamiczne należy wysunąć do oporu, przez co zmniejsza się wrażliwość szybowca na podmuch, a jednocześnie zablokowuje się koło podwozia. Jeżeli jednak wiatr jest dość silny lub jeśli spodziewane są silne podmuchy, to pilotowi nie wolno oddalać się od szybowca, zanim nie usta-

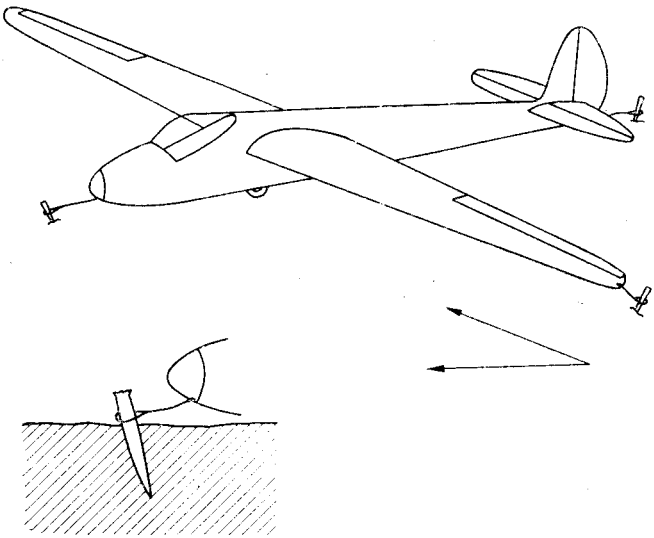


Rys. 127. Doraźne zabezpieczenie szybowca przy słabym wietrze

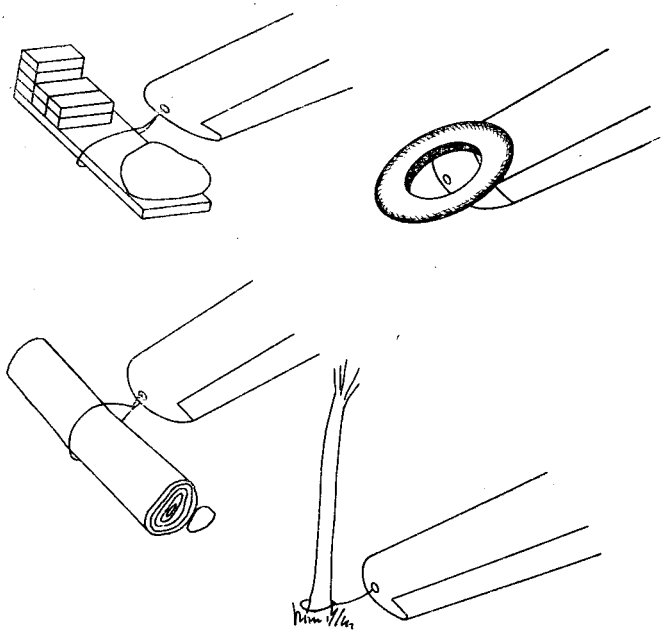
wi we wskazanych miejscach (przy skrzydłach i przy kadłubie) odpowiednio pouczonych pomocników wybranych spośród zgromadzonych przy szybowcu osób.

Jeżeli pilot ma pewność, że powrót na lotnisko odbędzie się na holu za samolotem, to szybowiec powinien być ustawiony i zabezpieczony na skraju pola przewidzianego do startu. W przypadku niepewnych warunków atmosferycznych lub gdy spodziewane jest długie oczekiwanie na samolot, może okazać się konieczne przetransportowanie szybowca w pobliże zabudowań lub lasu, to znaczy w miejsce zapewniające osłonę przed wiatrem.

Najbardziej prostym i stosunkowo łatwym do zrealizowania w terenie sposobem unieruchomienia szybowca jest sposób przedstawiony na rysunku 128, polegający na zakotwiczeniu szybowca do wbitych w ziemię kołków lub specjalnie do tego celu przygotowanych stalowych „szpilek", wchodzących w skład wyposażenia przelotowego. Podczas wiązania sznurów należy zwracać uwagę, aby wszystkie były jednakowo naprężone, przez co zapobiega się poruszaniu szybowca przez wiatr i szarpaniu za poszczególne sznury, co może spowodować ich zerwanie. Niektóre typy szybowców mają przy końcach skrzydeł otwory przeznaczone do kotwiczenia oraz ucha przy płozie ogonowej. Jeżeli jednak szybowiec nie ma uchwytów przewidzianych do kotwiczenia, to sposób zabezpieczenia go musi być pozostawiony inicjatywie pilota. Na rysunku 129 pokazano kilka przykładów unieruchomienia skrzydeł szybowca.



Rys. 128. Zabezpieczenie szybowca w terenie przygodnym

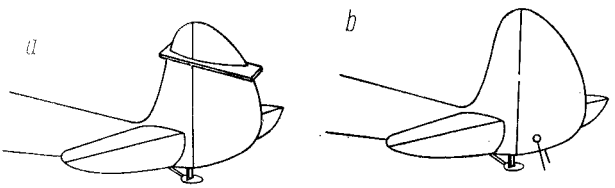


Rys. 129. Sposoby polowego kotwiczenia skrzydła szybowca

Następną czynnością jest zabezpieczenie sterów, polegające na unieruchomieniu drążka sterowego. Można to osiągnąć w sposób pokazany na rysunku 123 — przez przyciśnięcie drążka sterowego spadochronem. Ster kierunku, który jest w największym stopniu narażony na uszkodzenia, można zabezpieczyć przez obustronne obstawienie go ciężkimi przedmiotami lub przez wbicie w ziemię dwóch kołków w sposób pokazany na rysunku 130*b*. Można też w sposób doraźny wykonać obejmę na ster z dwóch złączonych na obu końcach gałęzi, wzorując się na obejmie stosowanej podczas przewozu na wozie transportowym (rys. 130*a*).

Ostatnią czynnością związaną z zabezpieczeniem szybowca jest założenie pokrowca na osłonę kabiny.

Jeżeli powrót szybowca ma się odbyć transportem kołowym, to celowe jest niezwłoczne dostarczenie go w pobliże drogi głównej i zabudowań, gdzie w stanie zdemontowanym może

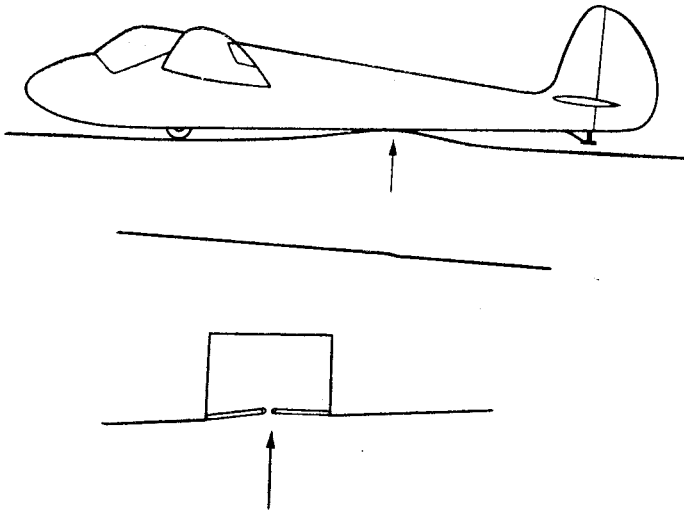


Rys. 130. Sposoby startowego zabezpieczenia steru kierunku przed podmuchami wiatru

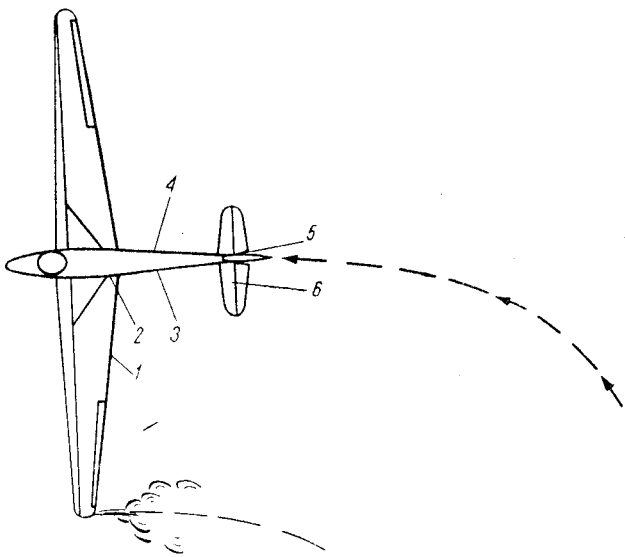
być złożony w garażu, szopie lub stodole, a w ostateczności na podwórzu jakiegoś gospodarstwa. Należy unikać składowania szybowca w pomieszczeniach, w których przechowywane są materiały aktywne chemicznie.

W miarę możliwości należy dążyć do tego, aby szybowiec transportowany był do miejsca przeznaczenia w całości, jeżeli jednak stoją temu na przeszkodzie trudności terenowe, to konieczne jest wcześniejsze zdemontowanie szybowca i kolejne przenoszenie jego zespołów. Podczas transportu całego szybowca należy postępować w sposób praktykowany na lotnisku (rys. 125). Zazwyczaj spotyka się w terenie bardzo dużo osób okazujących chęć udzielania pilotowi pomocy podczas transportowania szybowca. Osoby te powinny być jednak uprzednio dokładnie poinformowane, głównie co do sposobu wywierania siły na konstrukcję szybowca.

Jeżeli przygodne lądowanie nastąpiło w trudnym, niezbyt równym terenie, to konieczne jest dokonanie dokładnego przeglądu dolnej części pokrycia kadłuba (i dolnej podłużnicy), gdyż ta część w największym stopniu narażona jest na uszkodzenia od nierówności terenu (rys. 131). Jeżeli podczas lądowania nastąpiło zarzucenie szybowca w bok (tzw.



Rys. 131. Złamanie dolnej podłużnicy kadłuba na nierównościach terenu



Rys. 132. Miejsca charakterystycznych uszkodzeń przy lądowaniu trawersem lub z zarzuceniem skrzydła

cyrkiel), uszkodzenia mogą być liczniejsze i bardziej kłopotliwe.

Charakterystyczne miejsca ulegające najczęściej uszkodzeniom pokazane są na rysunku 132 (patrz także rys. 11). Mogą wystąpić jednocześnie następujące uszkodzenia:

1 — na skrzydle, które zaczepiło o ziemię — wyboczenie listwy spływu lub uszkodzenie przy węźle tylnego okucia nośnego 2,

6 — na kadłubie — zgniot bocznej podłużnicy 3 po stronie ściskanej (trudny do spostrzeżenia nawet po zdjęciu sklejki pokrycia) lub rozerwanie pokrycia 4 po stronie rozciąganej,

6 — w tyle kadłuba — wyrwanie płozy ogonowej lub pęknięcie (ukręcenie) rury kadłuba w okolicy przejścia w statecznik pionowy 5 lub też wyłamanie zawieszenia usterzenia wysokości 6 (przy układzie „T").

Wymienione objawy nie wyczerpują zagadnienia i zawsze należy liczyć się z możliwością wystąpienia nieco innego obrazu uszkodzeń.

Jeżeli po nieprawidłowym lądowaniu pilot ma wątpliwości co do stanu konstrukcji, powinien dokonać szczegółowych oględzin szybowca i dopiero po sprawdzeniu stanu szybowca może udać się do telefonu w celu połączenia się z macierzystą jednostką lub najbliższym lotniskiem.

6/I

DEMONTAŻ SZYBOWCA W TERENIE PRZYGODNYM

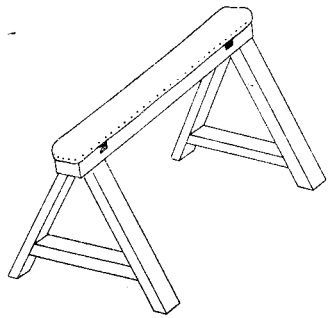
Czynności związane z demontażem szybowca są w zasadzie odwróceniem kolejności czynności montażowych, omówionych w punkcie 1/I. W warunkach terenowych występuje jednak ważny czynnik utrudniający pracę, a mianowicie brak wykwalifikowanych pomocników oraz odpowiedniego oprzyrządowania. Dlatego też, jeżeli pilot nie czuje się na siłach dokonać poprawnego demontażu (brak pomocników lub narzędzi, trudności w wyjęciu sworzni), to najwłaściwszym wyjściem będzie zaniechanie demontażu do czasu przybycia wozu transportowego, którego kierowca posiada zwykle rozległą praktykę i dysponuje zestawem narzędzi.

Demontaż szybowca wymaga poczynienia pewnych przygotowań. W warunkach lotniskowych pilot ma do dyspozycji kozły warsztatowe (rys. 133) oraz profilowe stojaki przeznaczone do składowania oddzielnych zespołów szybowca (rys. 134 oraz 135). W warunkach polowych trzeba zwykle poprzestać na improwizacji. Zdemontowane skrzydła, usterzenie i kadłub można ułożyć przejściowo na trawie, zważając, aby podłoże było równe i suche oraz aby nie spowodować uszkodzenia popychaczy i dźwigni wystających z konstrukcji.

Spośród przygodnych osób należy wybrać 4÷5 pomocników, pouczając ich o konieczności ostrożnego obchodzenia się z wrażliwym na uszkodzenie sprzętem lotniczym i o koniecz-

ności ścisłego wykonywania poleceń wydawanych przez pilota, który kieruje pracami. 1 6 7

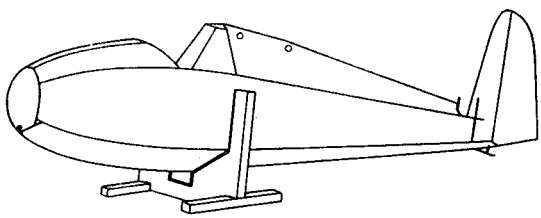
Demontaż rozpoczyna się od zdjęcia osłon i oprofilowań oraz otwarcia wzierników umożliwiających dostęp do połączeń zespołów. Odjęte części należy składać w miejscu chroniącym je przed uszkodzeniem podczas przenoszenia ciężkich zespo-



Rys. 133. Kozioł warsztatowy z miękką nakładką

łów szybowca. Jako pierwsze zostaje zdjęte usterzenie wysokości. W tym celu konieczne jest rozłączenie napędów steru i klapki wyważającej, a następnie wyjęcie lub wykręcenie sworzni mocujących usterzenie do kadłuba. Odjęte usterzenie należy złożyć w pewnym oddaleniu. Jeżeli sworznie mocujące pozostają luzem, to należy wsunąć je z powrotem w otwory i zabezpieczyć.

Dalszą czynnością jest demontaż pierwszego skrzydła. W warunkach polowych niezbędne jest uprzednie poinstruowanie pomocników o zjawiskach towarzyszących odłączaniu skrzyd-

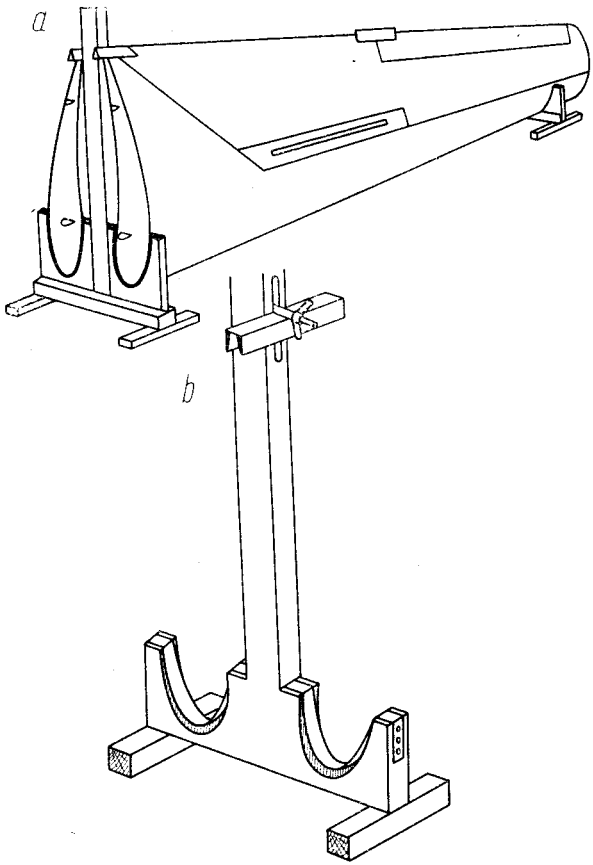


Rys. 134. Stojak do składowania kadłuba szybowca

ła, a mianowicie o wystąpieniu gwałtownego „zaciążania" drugiego skrzydła, jakie ma miejsce w chwili odejmowania pierwszego skrzydła (brak przeciwciężaru). Z tego też powodu przy końcu drugiego skrzydła należy ustawić bardziej sprawne fizycznie osoby.

Demontaż pierwszego skrzydła rozpoczyna się od rozłączenia napędów lotki, hamulca i ewentualnie klapy oraz przewodu

instalacji balastu wodnego. W pierwszej kolejności wysuwa się z połączenia sworzeń pomocniczy, a po nim dopiero sworznie główne. Odejmowane skrzydło powinno być przytrzymywane co najmniej przez trzy osoby, z których dwie znajdują się od strony kadłuba, trzecia zaś przy końcu skrzydła. Przez cały czas trwania demontażu należy przestrzegać, aby skrzydła podtrzymywane były z zachowaniem odpowiedniego wznio-



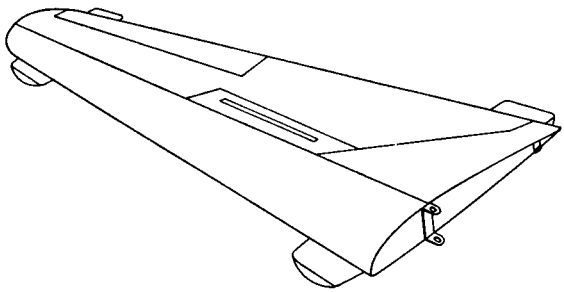
Rys. 135. Uniwersalny stojak skrzydłowy

su i aby wysuwanie ich z okuć odbywało się w tym położeniu. Odjęte skrzydło należy ułożyć w uprzednio ustalonym miejscu (rys. 136). Pozostające luzem sworznie powinny być wsunięte w otwory i zabezpieczone.

Podczas odejmowania drugiego skrzydła konieczne jest przytrzymywanie kadłuba, aby zabezpieczyć go przed przewróceniem się po odjęciu drugiego skrzydła. Najkorzystniej jest

przytrzymywać kadłub w okolicy głównych okuć nośnych. Przebieg demontażu drugiego skrzydła jest identyczny jak skrzydła pierwszego. Odłączone skrzydło należy umieścić w wyznaczonym miejscu.

W warunkach hangarowych odjęte skrzydła powinny być niezwłocznie układane na kozłach lub w stojakach pokazanych na rysunkach 133 oraz 135, kadłub natomiast w przystosowanym dla danego typu stojaku profilowym (rys. 134). Profile w stojakach powinny być dostosowane do typu szybowca i wyklejone grubym filcem chroniącym pokrycia szybowca.



Rys. 136. Polowe złożenie skrzydła na podkładkach (worki, snopki słomy)

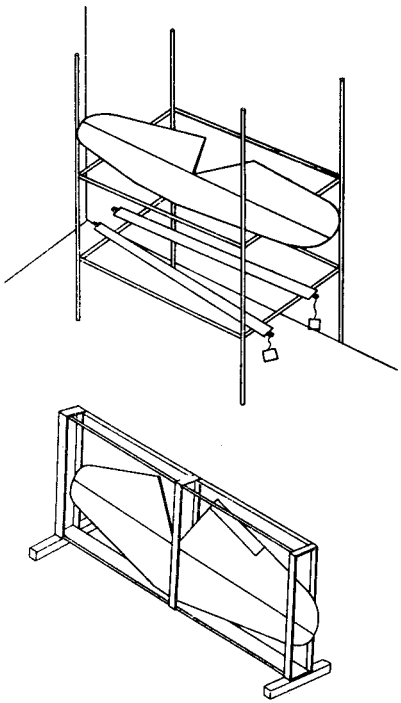
Do składowania szybowca mogą być zastosowane stojaki uniwersalne (rys. 135b), które w obszernych wycięciach profilowych mają umocowane wytrzymałe, odpowiednio szerokie taśmy tapicerskie, które dostosowują się do kształtu profilu. Stojaki powinny być podstawiane w płaszczyznach żeber skrzydłowych i wręg kadłubowych, przez co chroni się konstrukcję przed zagnieceniem pokrycia.

Do składowania usterzeń wysokości wykorzystywane są szerokie półki lub różnego rodzaju stojaki (rys. 137).

Podczas wykonywania prac przy szybowcu obowiązuje ogólna zasada niestosowania przemocy. Dotyczy ona przede wszystkim czynności związanych z wyjmowaniem sworzni z połączeń. W przypadkach wątpliwych należy uzyskać pewność, czy dany sworzeń jest poruszany urządzeniem śrubowym, czy też wprowadza się go przez pobijanie młotkiem w sposób pokazany na rysunku 116. Przystępując do wyjmowania sworznia należy odciążyć połączenie przez unoszenie tego zespołu, który pod wpływem własnego ciężaru obciąża dany sworzeń.

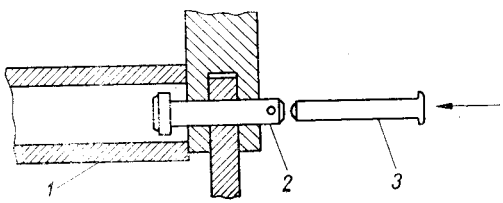
Niedopuszczalne jest przedłużanie ramion kluczy specjalnych, mogące spowodować uszkodzenie gwintów części śrubowych. Podczas wybijania sworzni cylindrycznych, stawiają-

cych wyraźny opór, konieczne jest zastosowanie odpowiednio ciężkiego przedmiotu jako przypory bezwładnościowej, którą przystawia się w sposób pokazany na rysunku 138. Aby nie uszkodzić młotkiem końca sworznia, powinno się stosować przebijak wykonany z miękkiego metalu (mosiądz, du-



Rys. 137. Sposoby przechowywania usterzeń wysokości i zastrzałów

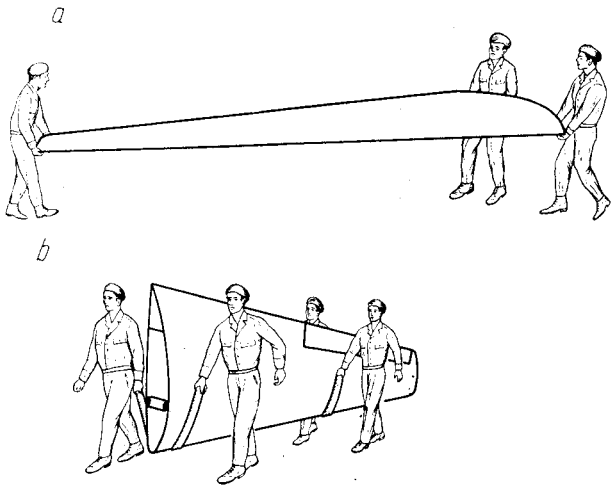
ral). Tego rodzaju prace powinny być wykonywane lekkim młotkiem przez wielokrotne, szybkie pobijanie krótkimi ruchami dłoni.



Rys. 138. Wybijanie z połączenia ciasno spasowanego sworznia
1 — przypora, *2* — sworzeń, *3* — przebijak

W szczególnych przypadkach może się zdarzyć, że lądowanie szybowca następuje w miejscu trudno dostępnym dla transportu kołowego (dojazd samochodu z przyczepą jest ryzykowny lub wręcz niemożliwy). W takich przypadkach konieczne jest przenoszenie zespołów szybowca, a głównie skrzydeł i usterzenia, gdyż kadłub może być najczęściej toczony na własnym kółku. Do przenoszenia skrzydła na krótkie odległości wystarczają zwykle trzy osoby, z których jedna trzyma koniec skrzydła, pozostałe natomiast trzymają skrzydło u nasady (rys. 139*a*).

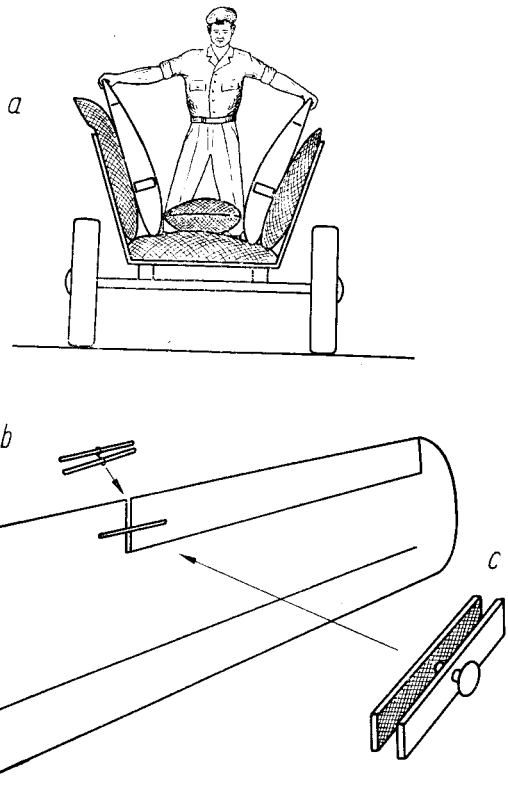
Na większych odległościach, a także na ciasnych przejściach bardziej korzystny jest sposób pokazany na rysunku 139*b*, wymagający udziału czterech osób wyposażonych w odpowiednio wytrzymałe taśmy, a w ostateczności w liny z pod-



Rys. 139. Sposoby przenoszenia skrzydła

łożonymi szmatami. Przy przenoszeniu w tak zaimprowizowanych nosidłach skrzydło jest jednak mało stabilne i wymaga ostrożnego przytrzymywania w płaszczyźnie pionowej. Bez względu na okoliczności transportu należy unikać podpierania skrzydeł pod pokryciem płóciennym, jak również chwytania skrzydeł i usterzeń za listwy spływu. Przy pokryciu sklejkowym zespoły należy podpierać w miejscach, przez które przechodzą dźwigary, żebra lub wręgi.

W przypadku przewożenia zespołów szybowca wozem konnym lub na przyczepie gospodarczej za ciągnikiem konieczne jest odpowiednie zabezpieczenie tych zespołów przed uszkodzeniami, jakie mogą wywołać wstrząsy. Mogą być do tego celu wykorzystane zużyte opony, koce lub worki wypchane sianem. Skrzydła należy ustawiać w płaszczyźnie pionowej,

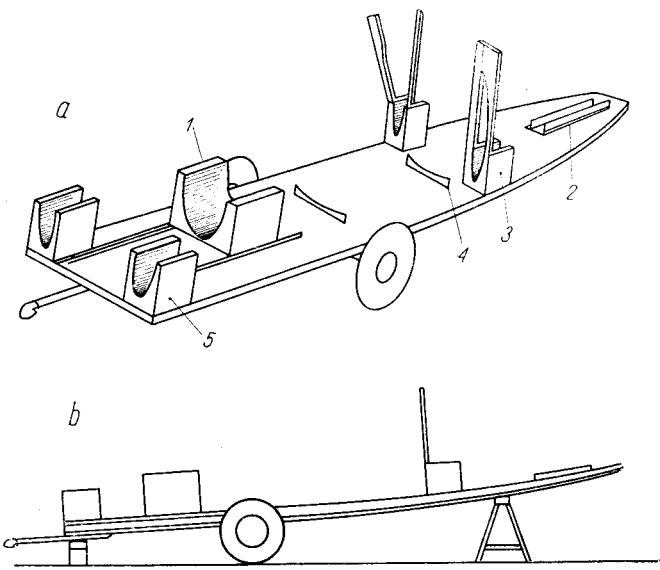


Rys. 140. Przewożenie skrzydeł w sposób prowizoryczny na wozie

w której mają największą sztywność (rys. 140*a*). Na wozie podczas jazdy powinna znajdować się co najmniej jedna osoba w celu podtrzymywania transportowanego zespołu i udzielania wskazówek kierującemu pojazdem. Lotki powinny być na czas transportu zabezpieczone przed wychyleniami za pomocą prowizorycznych ustalaczy, które można sporządzić z dwóch związanych sznurkiem krótkich listewek lub gałązek (rys. 140*b*).

Normalnie do transportu kołowego są stosowane dwukołowe wozy transportowe wykonane jako przyczepy samochodowe.

Rozróżnia się wozy uniwersalne, zdatne do przewożenia różnych typów szybowców (rys. 141) oraz wozy specjalne, przystosowane tylko do jednego typu szybowca. Mocowane do podłogi wozu stojaki są wymienne i mają profile odpowiadające różnym typom szybowców. Stojak kadłuba *1* wysuwany jest na prowadnicach do przodu, uchwyt ogonowy *2*, pokazany dokładniej na rysunku 142, przytrzymuje tył kadłuba i jednocześnie zabezpiecza go przed przesuwaniem się. Każde ze skrzydeł ustawiane jest w dwóch stojakach *3*, *5*, przy czym stojak tylny *3* wyposażony jest w obejmy ustalające jednocześnie położenie lotki. Częściowo załadowany wóz pokazany jest na rysunku 143.

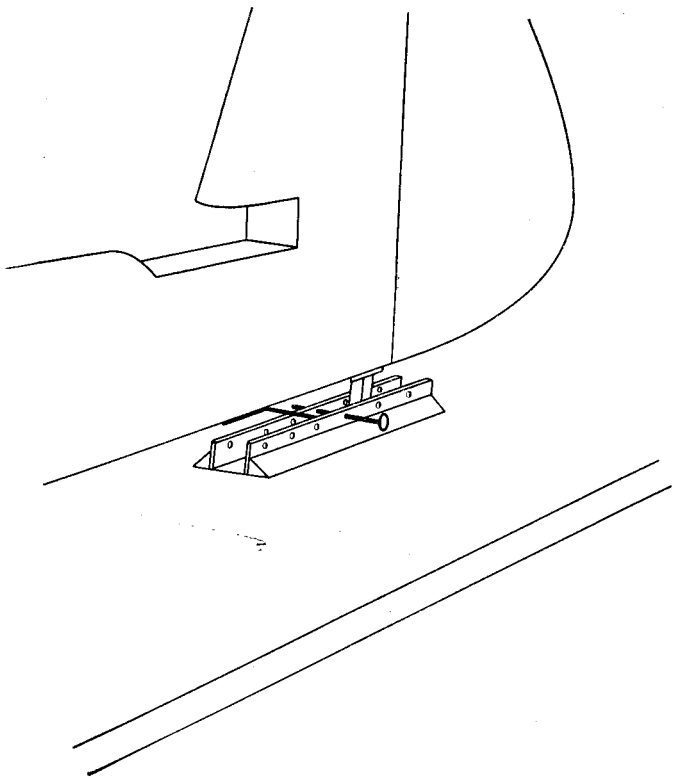


Rys. 141. Uniwersalny wóz transportowy

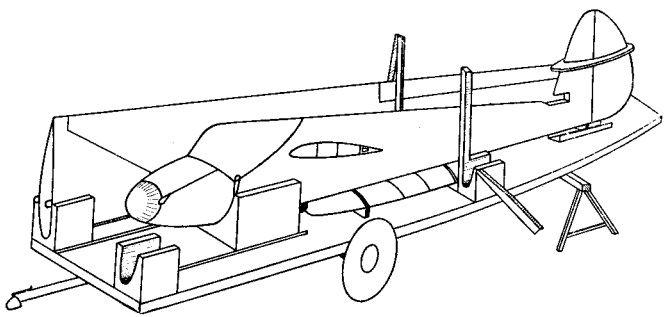
Przed przystąpieniem do załadowywania szybowca konieczne jest podparcie wozu odpowiednio wysoką podstawką, co zapobiega przechylaniu się wozu podczas prac załadowczych. Pierwszy ustawiany jest na wozie kadłub szybowca, który wprowadza się od przodu wzdłuż osi podłużnej wozu. Po unieruchomieniu kadłuba na kabinę kadłuba powinien być założony pokrowiec. Pokrowcami powinny być także osłonięte dajniki ciśnień. Na usterzenie kierunku należy założyć obejmę unieruchamiającą ster kierunku (rys. 144). Powinny być także unieruchomione wszystkie swobodnie zwisające

elementy napędów lotek, hamulców aerodynamicznych i innych urządzeń, gdyż są one narażone podczas transportu na wstrząsy, prowadzące do uszkodzeń o charakterze zmęczeniowym.

Po ustawieniu kadłuba należy umocować pod nim na odpo-



Rys. 142. Umocowanie tyłu kadłuba na wozie transportowym

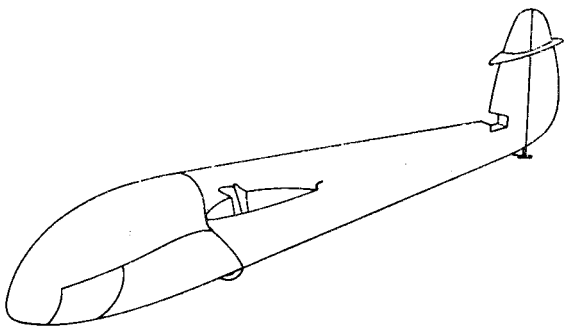


Rys. 143. Częściowo załadowany wóz transportowy

wiednich profilach (rys. 141, 4) usterzenie wysokości, a następnie oba skrzydła.

Po ukończeniu załadunku należy sprawdzić pewność umocowania zespołów i zabezpieczenie ich przed uszkodzeniami oraz zanieczyszczeniem. W zasadzie zespoły szybowca powinny być transportowane w pokrowcach, w praktyce jednak stosuje się to głównie przy szybowcach wysokowyczynowych i zawodniczych.

Kwestię ochrony szybowca przed kurzem i wpływem czynników atmosferycznych rozwiązują wozy kryte, a zwłaszcza wozy wykonane z laminatów, jakie rozpowszechniły się w ostatnim czasie.



Rys. 144. Przygotowanie kadłuba do transportu wozem

Prawidłowo załadowany wóz transportowy powinien mieć środek ciężkości położony nieco przed osią kół, tak aby jego dyszel wywierał na kulę zaczepu pojazdu ciągnącego nacisk kilkudziesięciu kilogramów.

Do obowiązków pilota należy dopilnowanie, aby podczas ruszania pojazdu z wozem transportowym były zachowane należyte środki bezpieczeństwa, tak w stosunku do szybowca, jak i zgromadzonych przy szybowcu ludzi. Szczególnie ostrożnie należy wykonywać zakręty, mając na uwadze, że tył przyczepy gwałtownie zarzuca, przez co stanowi zagrożenie dla dzieci towarzyszących z reguły ruszającemu pojazdowi, a także sprzyja zaczepianiu wystającymi z tyłu końcami skrzydeł o płoty, słupy i przydrożne drzewa.

Po przejechaniu kilkunastu kilometrów należy zatrzymać zespół i ponownie sprawdzić poprawność załadowania szybowca. Jeżeli odległość transportu jest znaczna, to co kilkadziesiąt kilometrów powinno się ponawiać sprawdzanie stanu załadowania. Przez cały czas jazdy należy obserwować przyczepę transportową i jej zachowanie się na drodze (stan ogumienia, przyleganie pokrowców itp.).

PRZEGLĄD SZYBOWCA PO LOCIE

Po zakończeniu lotów lub po powrocie z przelotu, jeszcze przed zahangarowaniem, szybowiec powinien być poddany przeglądowi polotowemu. Zasada ta jednak nie zawsze może być dotrzymana, gdyż często zdarza się, że loty kończone są późno, a z przelotów szybowce są ściągane wozami transportowymi w godzinach nocnych. W takich przypadkach czynności związane z przeglądem polotowym mogą być wykonywane dopiero następnego dnia, łącznie z przeglądem przedlotowym.

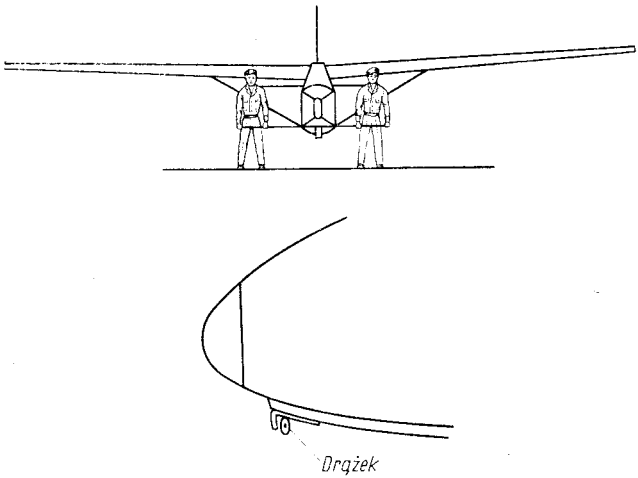
Celem przeglądu polotowego jest przygotowanie szybowca do hangarowania, a więc usunięcie zanieczyszczeń i wody deszczowej, wyjęcie z kabiny luźnych przedmiotów, radiostacji, akumulatora, spadochronu i barografu. Wymienione tu części wyposażenia powinny być przechowywane w odpowiednich pomieszczeniach.

Szybowiec należy starannie obejrzeć z zewnątrz po uprzednim umyciu letnią wodą śladów kurzu i błota. Największe ilości błota gromadzą się wewnątrz obudowy podwozia i na dolnym pokryciu kadłuba, a przy transporcie kołowym na żebrach nasadowych skrzydeł, które zanieczyszczane są błotem rozpryskiwanym przez tylne koła samochodu ciągnącego wóz transportowy. W celu dostania się do wnętrza obudowy podwozia konieczne jest zwykle uniesienie kadłuba, do czego może być przydatny odpowiednio wytrzymały drążek lub podnośnik, podstawiany pod hak startowy (rys. 145). Jeżeli szybowiec jest zdemontowany, to wystarcza w takich przypadkach ostrożne położenie kadłuba bokiem na trawie.

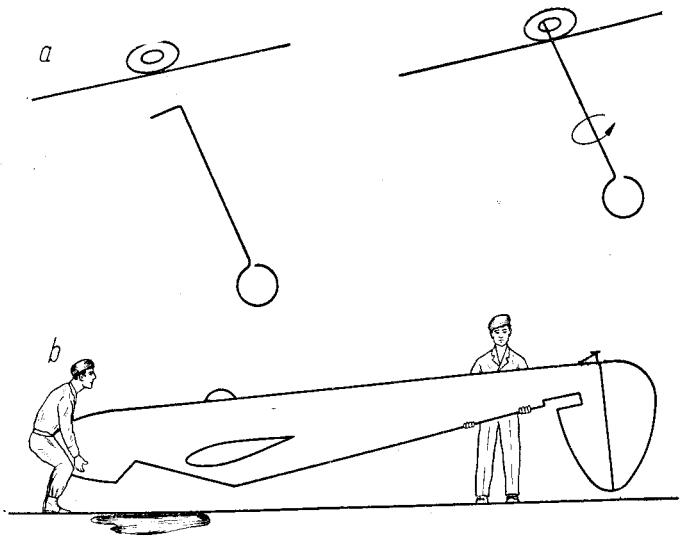
Jeżeli szybowiec latał w chmurach lub w deszczu albo gdy został zmoczony przez deszcz podczas postoju na ziemi, to konieczne jest niezwłoczne usunięcie z wnętrza konstrukcji śladów wody. Woda powinna spłynąć częściowo przez otworki drenażowe znajdujące się w dolnych partiach pokrycia konstrukcji, w praktyce jednak otworki te ulegają często zanieczyszczeniom tamującym odpływ wody i konieczne jest przetykanie ich drutem w sposób pokazany na rysunku 146*a*. Jeżeli zabiegi te nie dają rezultatu, to może być konieczne usuwanie wody przez odwrócenie kadłuba (rys. 146*b*). Mniejsze ilości wody można usunąć za pomocą zmoczonej i dobrze wyżętej szmaty flanelowej, która w takim stanie szybko pochłania wodę.

Praktykowane jest następnie suszenie wnętrza konstrukcji strumieniem powietrza za pomocą odpowiednio przystosowanych odkurzaczy elektrycznych.

Uwagi o warunkach, w jakich odbył się lot, oraz o spostrze-



Rys. 145. Zastosowanie drążka do podnoszenia szybowca



Rys. 146. Usuwanie wody z wnętrza kadłuba

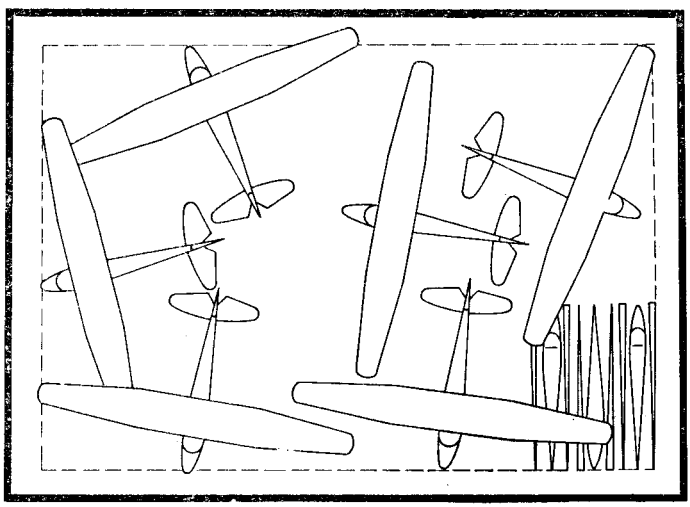
żonych usterkach, należy przekazywać mechanikowi obsługującemu szybowiec. Poważniejsze usterki techniczne powinny być zgłoszone przez pilota przez dokonanie odpowiedniego wpisu do książki szybowca w rozdziale „Prace obsługowe".

HANGAROWANIE SZYBOWCA

Wspólne przetrzymywanie w jednym hangarze samolotów i szybowców, zwłaszcza gdy w pomieszczeniu tym jest ciasno, nie jest dla szybowców korzystne, gdyż są one w znacznie większym stopniu narażone na uszkodzenia niż samoloty. Wynika to z większej wrażliwości ich konstrukcji, większych rozpiętości skrzydeł oraz z posiadania jednokołowego podwozia powodującego stałe pochylenie na jedno ze skrzydeł, jak też kłopotliwego manewrowania szybowcem wewnątrz hangaru.

Na ogół samoloty są częściej użytkowane niż szybowce, a wykonywane przy nich czynności obsługowe i okresowe są bardziej pracochłonne. Powoduje to częste poruszanie sprzętu w hangarze, przenoszenie drabinek, skrzynek narzędziowych i odejmowanych osłon silnikowych. Wszystko to sprzyja występowaniu uszkodzeń szybowców, których skrzydła wsuwane są częściowo pod samoloty (zanieczyszczanie wyciekami oleju z instalacji silnikowych) albo stykają się z podłogą hangaru (uderzenia, nadepnięcia).

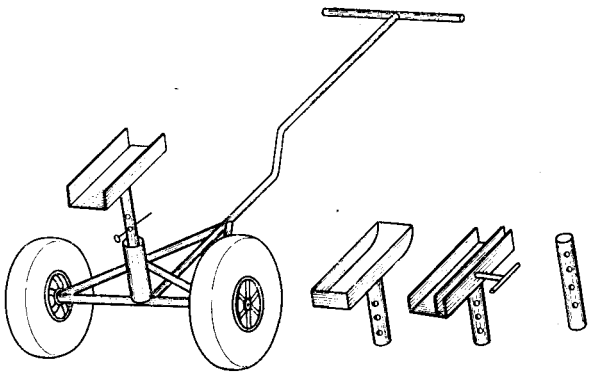
Trudności te eliminuje w dużym stopniu posiadanie odrębnego hangaru szybowcowego, w którym każdy z użytkowanych aktualnie szybowców może mieć wyznaczone własne miejsce. Wymaga to najczęściej demontowania chwilowo nie użytkowanych szybowców, których zespoły można ustawić w głębi hangaru pod jedną ze ścian. Na rysunku 147 poka-



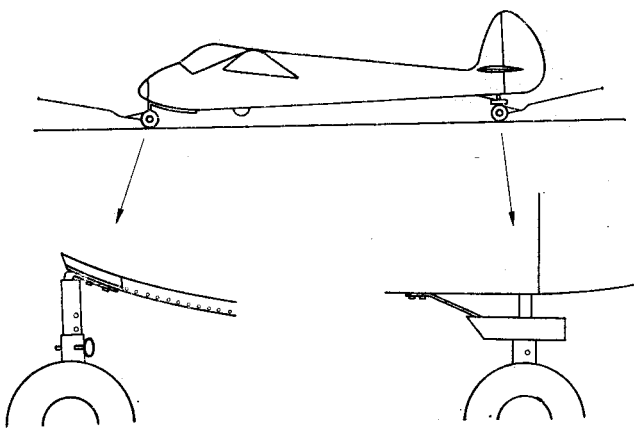
Rys. 147. Ustawienie szybowców w hangarze

zany jest przykładowo średniej wielkości hangar szybowcowy, w którym mieści się sześć zmontowanych szybowców, a w rogu ustawione są w stanie zdemontowanym trzy dalsze szybowce. Wokół hangaru wzdłuż ścian wyznaczone są wymagane przepisami przeciwpożarowymi specjalne przejścia alarmowe, których nie należy zastawiać sprzętem.

Do stałego wyposażenia hangaru należą zwykle wózki manewrowe niezbędne przy przesuwaniu szybowców. Są to jeszcze często wózki takie, jakie pokazane zostały na rysunku 148, stanowiące pozostałość po dawnych typach szybowców, bez podwozi kołowych. Dzięki wymiennej wkładce mogą one być z powodzeniem stosowane dalej do przestawiania szybowców w hangarze lub do ściągania ze startu szybowców z uszkodzonym podwoziem (rys. 149).

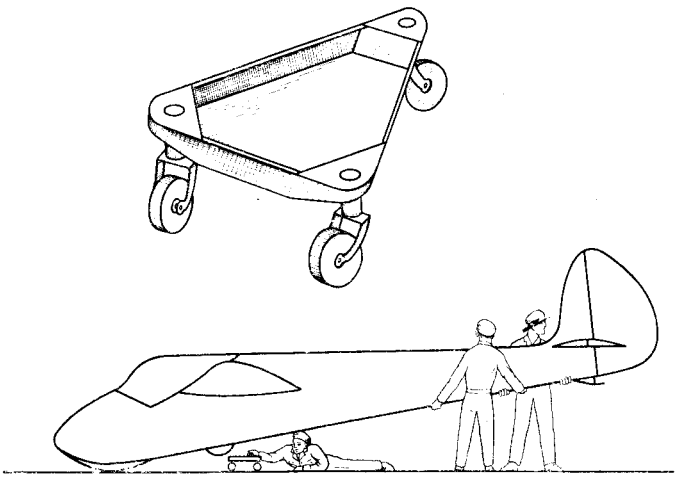


Rys. 148. Typowy wózek startowy i hangarowy



Rys. 149. Transport szybowca z uszkodzonym podwoziem na wózkach startowych

Bardzo przydatny jest w hangarze niski wózek manewrowy (rys. 150), który wyposażony jest w trzy samonastawne kółka zabudowane na obrotowych widełkach. Podnoszenie szybowca w celu ustawienia go na tym wózku może się odbywać w sposób przedstawiony na rysunku 150 lub przy użyciu drążka, w sposób widoczny na rysunku 145. Drążek musi być sprawdzony pod względem wytrzymałości, gdyż przypadająca na niego składowa ciężaru pustego szybowca wynosi niekiedy, w przypadku szybowca dwuosobowego, około 200 kG.

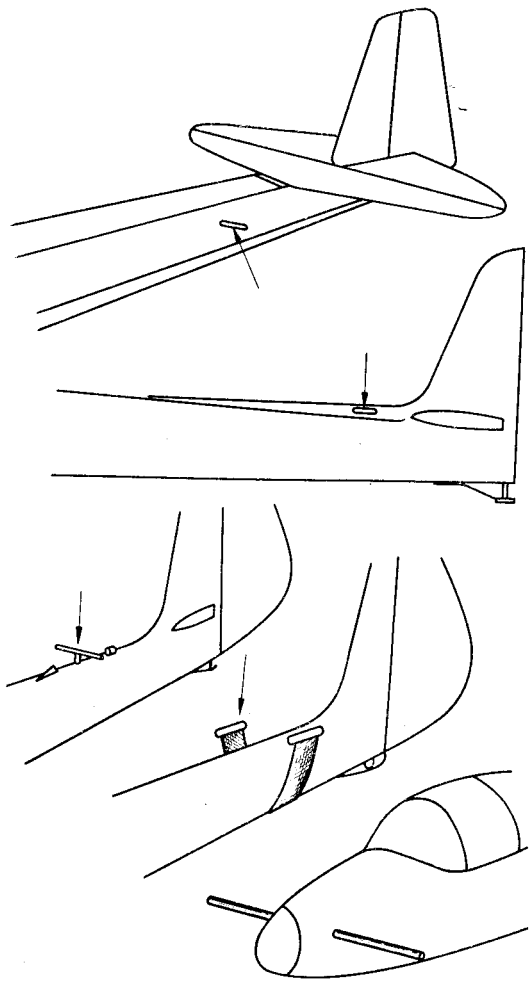


Rys. 150. Samonastawny wózek hangarowy

Należy wystrzegać się podnoszenia szybowców przez podpieranie skrzydeł plecami, jeżeli jest to jednak nieuniknione, to trzeba wybierać do tego celu miejsce usztywnione przebiegającym wewnątrz dźwigarem. Do unoszenia szybowca powinny być wykorzystywane przede wszystkim znajdujące się na nim uchwyty (rys. 151). Często podczas hangarowania lub wykonywania drobnych napraw bądź przeglądów konieczne jest podparcie kadłuba w pozycji uniesionej na koźle warsztatowym. Wówczas należy także zwracać uwagę, aby podpory ustawiane były w miejscach odznaczających się odpowiednią sztywnością konstrukcji, a więc w płaszczyźnie wzmocnionych wręg, pod śrubami mocującymi płozy lub zaczep startowy (rys. 152).

Przed przystąpieniem do hangarowania szybowców po lotach konieczne jest zastanowienie się nad rozmieszczeniem sprzętu w hangarze. Szybowce powinny być tak ustawione, aby zapewniona była swoboda przy wyhangarowywaniu najczęściej

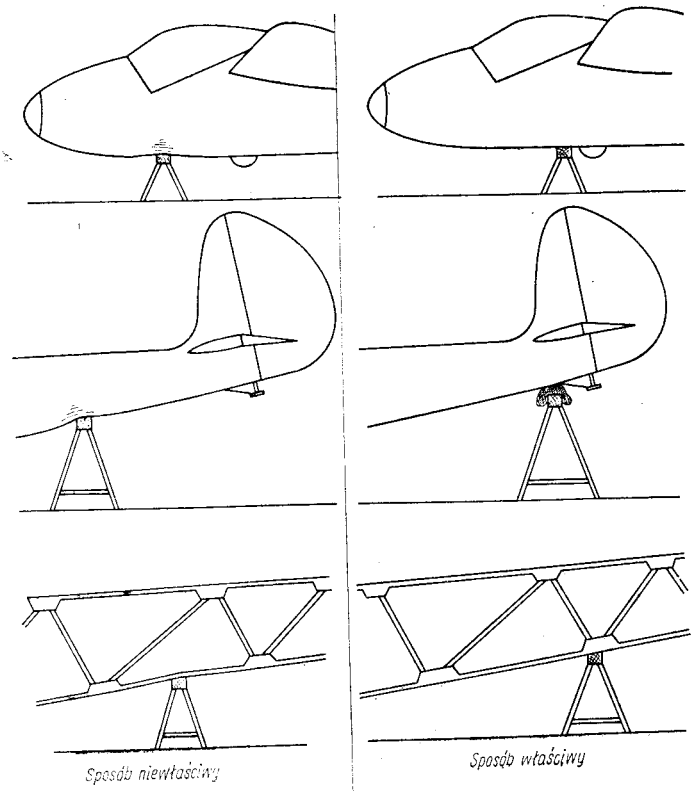
użytkowanego sprzętu. Tak więc szybowce, przewidziane do lotów na dzień następny powinny być hangarowane w ostatniej kolejności. Daje to istotne oszczędności w czasie i wysiłku, a także zmniejsza prawdopodobieństwo uszkodzenia sprzętu podczas manipulowania nim wewnątrz hangaru. Drzwi hangaru powinny być całkowicie otwarte. Jeżeli jest



Rys. 151. Uchwyty do unoszenia kadłuba

to niemożliwe z powodu ich złego stanu technicznego, to należy mieć na uwadze, że często bardziej opłacalna okazuje się jednorazowa naprawa drzwi niż powtarzające się kłopotliwe naprawy cennego sprzętu szybowcowego.

Zahangarowywaniem szybowców powinna kierować odpowiednio doświadczona osoba, najlepiej mechanik szybowcowy lub instruktor. W pracy tej powinna brać udział niezbędna liczba osób. Angażowanie większej liczby osób utrudnia pracę i rozprasza uwagę. Do zahangarowania szybowca jednomiejscowego wystarczają zwykle cztery osoby, a dwumiejscowego — najwyżej sześć osób.



Rys. 152. Przykłady podpierania kadłubów szybowców

W miarę wzrostu liczby szybowców w hangarze zwiększają się trudności przy ich hangarowaniu i często staje się konieczne ustawianie ich „na zakładkę", to znaczy w ten sposób, że część konstrukcji jednego szybowca znajduje się nad lub pod drugim szybowcem. Wymaga to unoszenia szybowców, podpierania kadłubów (rys. 152) i przesuwania ich po skrzydle. Poruszanie szybowca powinno odbywać się tylko na wyraźne polecenie osoby kierującej pracami, która zajmuje miejsce przy końcu skrzydła szybowca. Konieczne jest

tu zachowanie dużej dyscypliny i niedopuszczalne jest prowadzenie rozmów i pokrzykiwanie, nie mające bezpośredniego związku z wykonywaną pracą. 1 8 3

Komendy wydawane podczas hangarowania i wyhangarowywania szybowców ograniczają się zwykle do kilku zwięzłych haseł, takich jak:

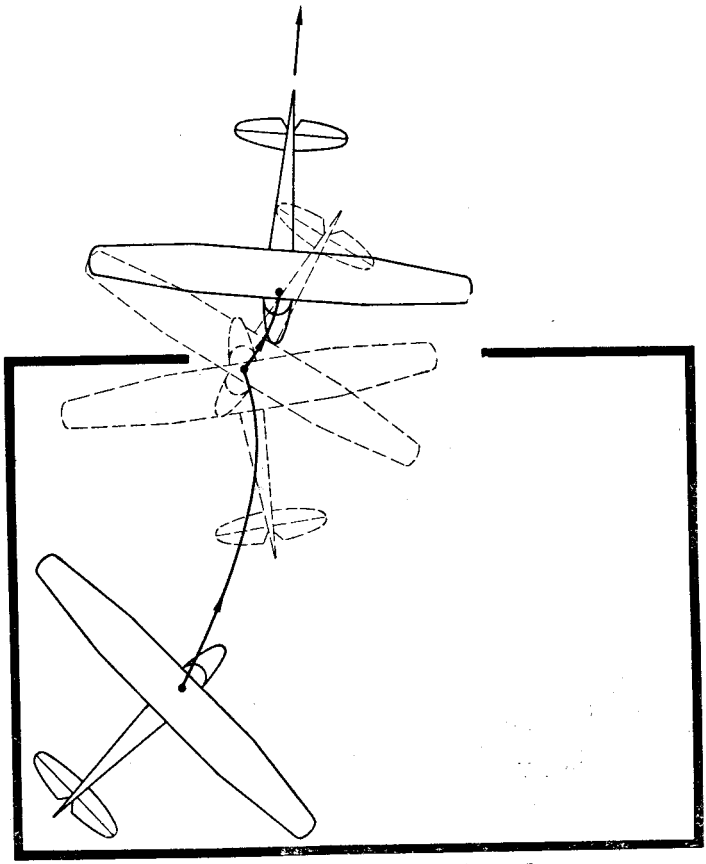
— „do przodu, do tyłu",
— „po skrzydle, po skrzydle do mnie",
— „skrzydło wyżej, skrzydło niżej",
— „obrót w miejscu, ogon w miejscu",
— „ogon prędzej, ogon wolniej (lub skrzydło)",
— „stop!".

Za sprawny przebieg wykonywanych czynności powinna odpowiadać osoba kierująca pracą; znajdując się przy końcu skrzydła, osoba ta może ogarnąć wzrokiem cały szybowiec i jego najbliższe otoczenie.

Przez szeroko otwarte drzwi szybowiec może być wtoczony po linii prostej na własnym kółku. Bardzo pomocne okazało się oznaczanie na podłodze jaskrawą farbą linii środkowej hangaru, co ułatwia manipulowanie sprzętem i zapobiega uderzeniu końcami skrzydeł o krawędzie drzwi hangarowych. Jeżeli jednak drzwi są zbyt wąskie, to konieczne jest skomplikowane manewrowanie szybowcem w celu przetoczenia go przez próg hangaru wymagające odpowiedniego doświadczenia kierującego pracą (rys. 153).

Wyhangarowywanie szybowców odbywa się na ogół w sposób odwrotny. Dotyczy to zarówno kolejności wyhangarowywanych szybowców, jak i wykonywanych przy tym czynności. Jeżeli hangar jest dość obszerny, to możliwe jest przetaczanie niepotrzebnych w danej chwili szybowców pod jedną ze ścian i wyprowadzanie z głębi hangaru upatrzonego szybowca. Jeżeli jednak obok wyznaczonych szybowców musiały być wyhangarowane także inne szybowce, to powinny one być z powrotem wstawione do hangaru. Przemawia za tym wiele względów, jak niepotrzebne wystawianie konstrukcji na operację promieni słonecznych, narażanie sprzętu na uszkodzenia wywołane wiatrem lub spowodowane przez osoby postronne, których w okresie letnim nie brak nigdy na lotnisku.

Po wstawieniu szybowców do hangaru drzwi hangaru powinny być zamknięte, chyba że w jego wnętrzu pozostają mechanicy sprawujący nadzór nad pozostawionym sprzętem. Pewna część uszkodzeń sprzętu powstaje z winy tych pilotów, *którzy zjawiają się na lotnisku wtedy, gdy wcześniej* wyhangarowane szybowce znajdują się już w powietrzu. Dopingowani dobrymi warunkami lotnymi i nagleni pośpiechem,



Rys. 153. Manewrowanie przy przetaczaniu szybowca przez wąskie drzwi

najczęściej bez wystarczającej liczby pomocników, wyhangarowują własnymi siłami szybowiec, powodując uszkodzenia kesonów, listew spływu i pokryć.

ZAGADNIENIA EKSPLOATACYJNE

1/II NORMALNE ZUŻYCIE EKSPLOATACYJNE SZYBOWCA

Podczas wieloletniego użytkowania sprzęt szybowcowy stopniowo zużywa się i mimo bieżącej konserwacji oraz remontów (tzw. napraw głównych) musi być w odpowiednim czasie wycofany z eksploatacji. Specyficzne dla sprzętu lotniczego jest założenie, że podczas ostatniego lotu sprzęt ten musi znajdować się w stanie technicznym gwarantującym pewien określony stopień bezpieczeństwa.

Trwałość konstrukcji szybowcowych jest różna i jest uwarunkowana kilkoma czynnikami. Pierwszym z nich jest rodzaj surowca, z jakiego szybowiec jest zbudowany, a więc czy jest to konstrukcja drewniana, metalowa, czy też laminatowa. Następnym czynnikiem jest wyjściowa odporność konstrukcji na warunki użytkowania. Inaczej zużywa się szybowiec budowany z przeznaczeniem do licznych startów i lądowań, a inaczej szybowiec przeznaczony do wykonywania długotrwałych przelotów. Nie bez wpływu na trwałość szybowca pozostają też warunki jego hangarowania i bieżącej obsługi, jak też przekraczanie dopuszczalnego zakresu warunków użytkowania.

Na podstawie doświadczeń eksploatacyjnych przyjmuje się, że trwałość szybowca konstrukcji drewnianej wynosi około 2000 godzin lotu. O konstrukcjach metalowych wiadomo ogólnie, że są bardziej odporne na działanie czynników zewnętrznych, z drugiej strony odznaczają się, jeśli chodzi o właściwości tworzywa, większą wrażliwością zmęczeniową. Brak w eksploatacji seryjnych szybowców metalowych uniemożliwia opracowanie ostatecznych wniosków.

Podobnie, jeśli idzie o trwałość, ma się sprawa z szybowcami laminatowymi, które weszły do eksploatacji stosunkowo niedawno. Istnieją jednak podstawy do przypuszczeń, że trwałość ich nie będzie krótsza niż konstrukcji drewnianych. Można się spodziewać, że będzie ona raczej dłuższa.

Bieżące prace obsługowe, jak też wykonywane planowe naprawy główne, pozwalają na dokonywanie regeneracji pewnych części konstrukcji, zasadnicza jednak struktura szybowca, ze względu na jej w dużym stopniu integralny charakter,

1 podlega normalnym procesom zużycia eksploatacyjnego.
8 Charakterystyczne objawy zużycia eksploatacyjnego elemen-
6 tów, które mogą być poddane regeneracji lub wymianie, są następujące:

— zużycie pokrycia lakierniczego na częściach drewnianych, metalowych i laminatowych w postaci pęcherzy, odprysków, pęknięć i zmiany zabarwienia (usuwanie fragmentów lub całych pokryć, nanoszenie nowych),
— spadek napięcia na tkaninach, kruszenie się cellonu, zmiany zabarwienia, przetarcia tkanin na krawędziach konstrukcji, odklejenia (wymiana opłótnienia i cellonowanie),
— ślady korozji elementów metalowych (zaczyszczenia i lakierowanie, w niektórych przypadkach wymiana elementów),
— wyciąganie się linek sterowych i cięgieł, przetarcia, pękanie drucików (wymiana na nowe),
— luzy w połączeniach na sterownicach, przekraczające wartości ustalone w instrukcjach (wymiana tulejek, łożysk, rozwiercanie, wymiana sworzni),
— luzy w zawieszeniach lotek i sterów (wymiana tulejek, łożysk, rozwiercanie, nowe sworznie),
— luzy w pozostałych napędach, jak napęd hamulców, klap, podwozia (wymiana tulejek, łożysk, rozwiercanie, wymiana sworzni),
— luzy w połączeniach zespołów głównych, takich jak kadłub, skrzydła, usterzenie, owalizacja otworów, deformacje sworzni (rozwiercanie, wymiana sworzni),
— zużycie łożysk piasty koła, zużycie osi (wymiana na nowe),
— zużycie bieżnika opony koła, zdarte płozy (wymiana na nowe),
— karby na haku zaczepu startowego, luzy w kinematyce, wgnioty na szczękach (wymiana lub naprawa zaczepu),
— zużycie przewodów giętkich w instalacji przyrządów w postaci kruszenia się, pęcznienia, spadku szczelności (wymiana na nowe),
— wypracowane zamki w osłonach kabin i na burtach kabiny (naprawa lub wymiana),
— pęknięcia oszklenia, spadek przejrzystości, porysowanie (wymiana na nowe),
— przebicia pokryć pracujących, doraźne nałożenie łaty, rysy w głąb materiału, ubytki, odklejanie od szkieletu konstrukcji, odlaminowania, zafalowania pokryć, luźne nity (wymiana fragmentów pokryć),
— przetarcia szwów w pasach pilota i oparciach, postrzępione krawędzie tkanin, plamy (wymiana na nowe),

pozbijane krawędzie kabiny, ubytki materiału (naprawa), 1 8 7
— mało czytelne napisy i oznaczenia w kabinie (wymiana tabliczek na nowe),
— słabo czytelne oznaczenia na tarczach przyrządów, pęknięte szybki, naloty na tarczach przyrządów (wymiana przyrządów na nowe lub po naprawie).

W następstwie nieodpowiedniej obsługi szybowca, złych warunków hangarowania i przekraczania dopuszczalnego zakresu użytkowania następuje przedwczesne zużycie eksploatacyjne, a w przypadkach szczególnego zaniedbania — całkowita utrata sprawności technicznej na skutek butwienia drewna, korozji konstrukcji metalowej, rozklejeń lub deformacji zespołów.

2/II

BIEŻĄCA KONSERWACJA SZYBOWCA

Pojęciem konserwacji określa się wykonywanie czynności mających na celu zabezpieczenie konstrukcji przed przedwczesnym zużyciem. W skład wykonywanych prac konserwacyjnych wchodzi utrzymywanie szybowca w czystości, zabezpieczanie powierzchni przed oddziaływaniem czynników zewnętrznych oraz wykonywanie drobnych napraw powłok ochronnych. Oprócz konserwacji bieżącej, wykonywanej w trakcie użytkowania szybowca, szybowce poddaje się zabiegom konserwacyjnym podczas dłuższych okresów składowania.

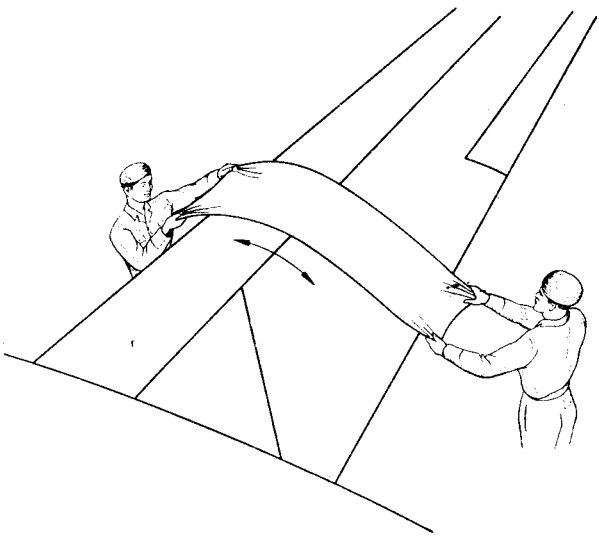
Jedną z podstawowych prac konserwacyjnych jest usuwanie zanieczyszczeń. Lotne zanieczyszczenia na powierzchniach zewnętrznych można usuwać za pomocą miękkiej szmaty, jeżeli jednak zanieczyszczenia przylegają na tyle, że nie dają się usunąć za pomocą szmaty, to konieczne jest wtedy zmywanie ich za pomocą letniej wody. Prace takie mogą być wykonywane tylko w dodatnich temperaturach powietrza. Wodę należy nanosić obficie za pomocą zmoczonej miękkiej szmaty lub, lepiej, gąbki.

Powierzchnie należy zmywać w kierunku spadku wody tak ustawiając szybowiec, aby woda nie spływała w kierunku wzierników i osłon (które oczywiście muszą być starannie zamknięte). Mimo wszystko należy liczyć się z tym, że do wnętrza konstrukcji dostanie się nieco wody, która będzie wymagała niezwłocznego usunięcia.

Niedopuszczalne jest zmywanie powierzchni szybowca za pomocą silnego strumienia wody, np. z hydrantu. Przemyte po-

wierzchnie zewnętrzne wyciera się dokładnie dużymi kawałkami tkaniny flanelowej lub innej o podobnych właściwościach. Prace wykonuje się sprawnie przy udziale dwóch osób, które przesuwają rozpostartą tkaninę do siebie i od siebie, przemieszczając się stopniowo wzdłuż zmytego zespołu konstrukcji (rys. 154). Usuwanie zacieków wody z wnętrza konstrukcji odbywa się w sposób opisany podczas omawiania przeglądów polotowych.

Nie dające się usunąć plamy wymagają zastosowania mydła, a jeśli to nie pomaga, odpowiedniego rozcieńczalnika (np.



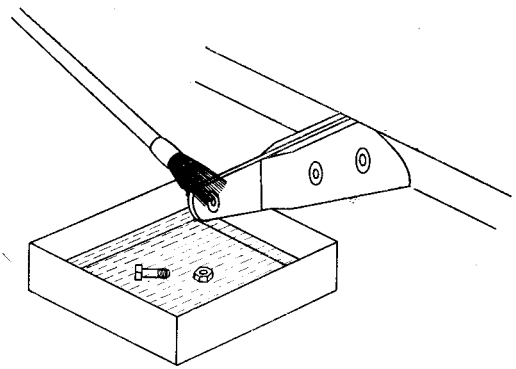
Rys. 154. Przecieranie powierzchni skrzydła po myciu

acetonu, benzyny, nafty). Środki te powinny być stosowane bardzo ostrożnie tylko w niezbędnych przypadkach, gdyż mogą one reagować z powłoką chroniącą konstrukcję.

W podobny sposób postępuje się przy przemywaniu powierzchni ze szkła organicznego. W tym przypadku, w celu uniknięcia zalania wodą wnętrza kabiny, zalecane jest zdemontowanie z kadłuba ruchomej części osłony. Wszelkiego rodzaju zanieczyszczenia osłony, nawet lotny kurz, powinny być usuwane przez obfite zmywanie wodą. Dopiero po kilkakrotnym spłukaniu wodą można zrobić ewentualny użytek z gąbki w celu usunięcia mocniej przylegających zanieczyszczeń.

Usuwanie zanieczyszczeń z wnętrza konstrukcji i suszenie wnętrz wykonuje się tak samo, jak podczas czynności po locie.

Odnawianie smaru w łożyskach i połączeniach przegubowych poprzedzane jest przemyciem tych połączeń za pomocą benzyny, która usuwa resztki starego zgęstniałego smaru wraz z przylepionym do niego kurzem i piaskiem. Benzynę najlepiej jest nanosić pędzelkiem (rys. 155). W zasadzie połączenia obrotowe powinno się przemywać w stanie rozłączonym (wyjęcie sworznia), co umożliwia także poprawne naniesienie nowego smaru na powierzchnie części obrotowych. Szczególną uwagę należy poświęcić czystości linek sterowych. Linki powinny być czyszczone przez przeciągnięcie ich szmatą przesyconą naftą. Nanoszenie smaru na linki lub krążki do prowadzenia linek nie prowadzi do zamierzonego



Rys. 155. Przemywanie łożyska lotki

celu, lecz przeciwnie, przyspiesza zużycie linek, gdyż osadzający się na warstwie smaru piasek tworzy pastę ścierną szybko niszczącą linkę.

Pozbawione warstw ochronnych części metalowe, w tym głównie powierzchnie robocze w otworach okuć i na sworzniach powinny być pokrywane cienką warstewką smaru, który chroni je przed działaniem korozji. Połączenia obrotowe wyposażone w smarowniczki powinny być smarowane przez wtłaczanie smaru tak długo, aż ze szczelin przestanie wydobywać się zużyty smar.

Zaczepy startowe są szczególnie podatne na zanieczyszczenia, gdyż zabudowywane są bardzo blisko powierzchni ziemi i nie mają szczelnej obudowy. Zaczepy powinny być w celach konserwacyjnych wybudowywane z szybowca, co umożliwia dokładne przemycie ich w nafcie, a następnie zanurzenie w rozrzedzonym (gorącym) smarze, którego gatunek określony jest w instrukcji obsługi zaczepu.

Przemyte i wysuszone powierzchnie zewnętrzne szybowca

mogą być przepolerowane pastą, której cienką warstwę nanosi się za pomocą miękkiej szmatki. Do polerowania używa się czyste miękkie szmatki flanelowe. Polerowanie pastą nie tylko podnosi wygląd estetyczny szybowca, ale powoduje wygładzanie jego powierzchni. Cząsteczki pasty osadzają się w porach i drobnych ubytkach warstwy ochronnej, nie dopuszczając do osadzania się w nich kurzu i wody, przez co chronią powierzchnię przed przyspieszonym zużyciem. Po ukończeniu polerowania należy sprawdzić czystość otworków w dajnikach ciśnień umieszczonych na powierzchniach kadłuba. W dbałości o dobry stan techniczny i wygląd szybowca przy każdej dłuższej przerwie w lotach, podczas hangarowania oraz transportu należy zakładać na szybowiec dobrze dopasowane pokrowce ochronne. Przed założeniem pokrowce powinny być dobrze wytrzepane z dala od szybowców.

3/II

CZYNNOŚCI OKRESOWE

Czynności okresowe stanowią usystematyzowaną formę prac związanych z utrzymaniem szybowca w pełnej sprawności technicznej. O ile w przypadku prac konserwacyjnych występuje pewna dowolność w odniesieniu do częstości ich wykonywania, o tyle w przypadku czynności okresowych terminy ich wykonywania są ściśle określone. Najczęściej wyznacza je liczba godzin lotu szybowca, rzadziej określony przedział czasu.

Celem wykonywania czynności okresowych jest wczesne wykrywanie pojawiających się nieprawidłowości i usterek, zapobieganie ich rozprzestrzenianiu się lub usuwanie ich. Podczas wykonywania czynności okresowych przeprowadza się prace konserwacyjne, zwłaszcza przy mechanizmach szybowca.

Częstotliwość wykonywania czynności okresowych i ich zakres podawane są w terminarzu czynności okresowych, znajdującym się w instrukcji obsługi technicznej szybowca. Najczęściej wymaga się wykonywania czynności okresowych po każdych 25 godzinach lotu. W terminarzu wymienione są kolejno przypadające do wykonania czynności, ze wskazaniem odpowiednich mechanizmów i miejsc wymagających sprawdzenia, pomiaru luzów lub odnowienia konserwacji. Miejsca wymagające częstej kontroli, sprawdzane są okresowo podczas wykonywania każdych czynności, inne miejsca, bardziej odporne na występowanie usterek lub na zużycie, sprawdzane są podczas co drugich lub co czwartych czynności

okresowych. Na ogół rozróżnia się czynności 25-godzinne, 50-godzinne i 100-godzinne. Tak więc podczas wykonywania czynności 50-godzinnych jednocześnie wykonywane są prace 25-godzinne, a podczas wykonywania czynności 100-godzinnych konieczne jest wykonanie czynności 50-godzinnych (a więc i 25-godzinnych).

1 9 1

Do wykonywania czynności okresowych upoważnieni są mechanicy szybowcowi II klasy. Potwierdzeniem wykonania czynności okresowych jest wpis dokonywany przez nich w odpowiednim rozdziale książki szybowcowej. Aktualność wpisu powinna być sprawdzana przez pilota odbierającego szybowiec do lotu.

4/II

TYPOWE USTERKI EKSPLOATACYJNE

Jedną z najczęściej występujących usterek jest podczas użytkowania szybowca spadek skuteczności hamulca koła. Przyczyna występowania tej usterki tkwi w rozregulowywaniu się napędu lub w zużyciu okładzin ciernych. Ponieważ najczęściej napęd hamulca koła połączony jest z napędem hamulców aerodynamicznych, więc możliwości regulowania napędu poprzez skracanie cięgła są ograniczone, gdyż można spowodować niepełne wysuwanie się płyt hamulców aerodynamicznych. Przed przystąpieniem do regulowania napędu hamulca koła trzeba sprawdzić, że powierzchnie cierne układu hamulcowego nie są zamknięte lub zanieczyszczone smarem.

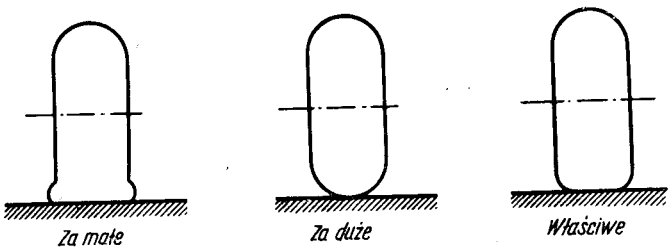
Spotykane też jest zjawisko przemieszczania się ogumienia względem piasty, prowadzące do przekrzywiania, a po pewnym czasie urywania zaworu dętki (rys. 121). Najczęściej spowodowane jest to użytkowaniem szybowca przy niedostatecznym ciśnieniu powietrza w dętce. Wymagane wartości ciśnienia oznaczane są zwykle wyraźnie na pokryciu kadłuba w pobliżu koła. Praktycznie ciśnienie można sprawdzić wzrokowo, gdyż przy właściwym stanie napompowania koła daje się zaobserwować nieznaczne spłaszczenie bieżnika opony przy pustym szybowcu ustawionym na twardym, równym podłożu (rys. 156).

Do charakterystycznych usterek należy zaliczyć luzowanie się linek sterowych. Trwałe poluzowanie napędu spowodowane jest zwykle wyciągnięciem się linek pod wpływem działających obciążeń, przejściowo natomiast może być wynikiem skurczów cieplnych. Rzadziej przyczyną trwałego po-

luzowania są deformacje dźwigni napędowych lub poluzowanie się ich zawieszenia wewnątrz konstrukcji.

Luźne linki sterowe pogarszają sterowność szybowca, mogą być przyczyną występowania drgań sterów podczas lotu, a także mają skłonność do spadania z krążków i zakleszczania się między krążkiem i oprawką.

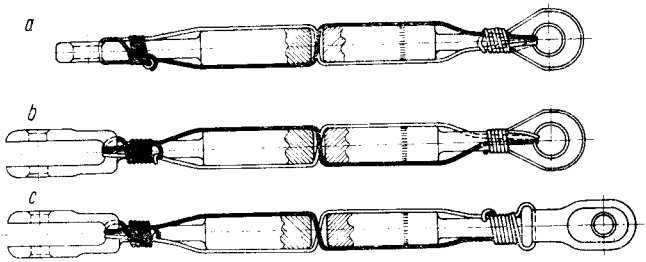
Przed przystąpieniem do poprawienia naciągu linek należy sprawdzić, czy wskutek wyciągnięcia się linki, połączonego zwykle z rozkręcaniem się linki, nie nastąpiło wykręcanie się końcówek w ściągaczach regulacyjnych. Zjawisko to, mi-



Rys. 156. Wzrokowa ocena ciśnienia w dętce koła

mo zabezpieczenia ściągaczy drutem, jest w pewnym stopniu możliwe, zwłaszcza gdy zabezpieczenie wykonane było niewłaściwie. Zasady prawidłowego zabezpieczenia ściągaczy za pomocą wyżarzonego drutu mosiężnego (ϕ 1 mm) przedstawiono na rysunku 157.

Przy linkowych układach napędowych obowiązuje zawsze zasada zachowania równoległoboku. Jeżeli więc przeprowadzana jest regulacja naciągu linek, to najczęściej konieczne jest zwiększanie naciągu obu linek (patrz rys. 82*a*). Jeżeli



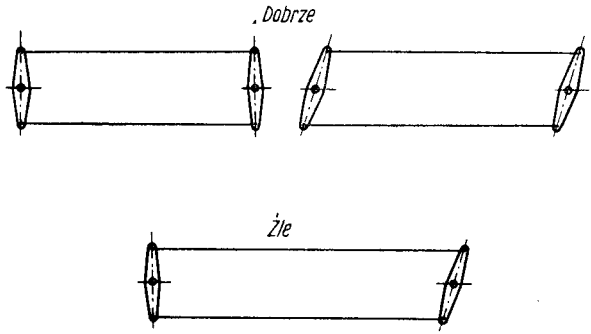
Rys. 157. Zabezpieczenie ściągaczy za pomocą dwóch kawałków drutu

podczas pełnego wychylania drążka sterowego w jedną stronę wyczuwalny jest wzrost siły na uchwycie drążka, przy przeciwnym natomiast wychyleniu wyraźny spadek siły, to przyczyna tego zjawiska tkwi właśnie w niezachowaniu równoległości dźwigni (rys. 158).

Po wykonaniu prac związanych z regulacją napędów linkowych konieczne jest sprawdzenie wielkości wychyleń sterów oraz sprawdzenie zgodności kierunku wychyleń sterów z kierunkiem ruchu sterownicy. Jest to szczególnie ważne wtedy, gdy w jakimś celu linki były rozłączane, gdyż może się zdarzyć zamiana (skrzyżowanie) linek sterowych. 1 9 3

Należy przyjąć za zasadę, że w każdym przypadku końcówki regulacyjne powinny być wkręcone do korpusu ściągacza na tyle, aby ich gwinty nie wystawały z korpusu.

Przyczyną wzrostu sił sterowania może być nadmierny naciąg linek lub duże tarcie w łożyskowaniu drążka sterowego lub całej sterownicy. Nadmierne tarcie może być następstwem braku smaru w łożyskach i połączeniach lub też na-



Rys. 158. Zachowanie zasady równoległoboku przy napędzie linkowym

stępstwem pozornego „kasowania luzu" przez ściśnięcie obudowy łożyska. Zjawiska te są niedopuszczalne i prowadzą do zacierania się elementów obrotowych. Początkowym sygnałem świadczącym o możliwości zacierania się połączeń są charakterystyczne odgłosy towarzyszące ruchowi napędu.

Siły naciągu linek sterowych podawane są w instrukcjach obsługi technicznej i mogą wynosić odpowiednio od 10 do 40 kG. Wyjątek stanowią linki steru kierunku, gdyż są one zwykle naprężane za pomocą sprężyn lub amortyzatorów gumowych znajdujących się przy pedałach.

Siły potrzebne do poruszania sterownic i innych napędów mierzone są na środku uchwytów (na drążku sterowym lub dźwigniach) i wynoszą przy pomiarze na ziemi:

— dla steru wysokości	0,5÷ 1,5 kG
— dla lotek	0,5÷ 3,0 kG
— dla steru kierunku	5,0÷15,0 kG
— dla hamulców aerodynamicznych	2,0÷15,0 kG
— dla podwozia	2,0÷20,0 kG

Wielkości wychyleń klapki wyważającej powinny być zgodne z wartościami podanymi w instrukcji obsługi technicznej szybowca. Jeżeli jednak wskutek opinii pilotów przeprowadzana jest korekta wychyleń klapki, wykraczająca poza określone wartości, to konieczne jest następnie sprawdzenie w locie, czy wychylenie klapki w kierunku „ciężki na łeb" nie prowadzi do rozpędzania się szybowca (z puszczonym drążkiem) do prędkości większych niż prędkość dopuszczalna.

Do poważnych usterek zalicza się zjawisko samoczynnego otwierania się hamulców aerodynamicznych przy zwiększonej prędkości. Przyczyna tego zjawiska tkwi w braku blokowania w układzie napędowym, działającego na zasadzie przejścia przez martwy punkt (rys. 86). Możliwość występowania tego zjawiska sygnalizowana jest zwykle brakiem charakterystycznego wzrostu oporu i sprężystego przeskoku, jaki powinien towarzyszyć pierwszej fazie otwierania i ostatniej fazie zamykania hamulców. Usterkę tę usuwa się przez odpowiednie wyregulowanie długości popychaczy oddzielnie w każdym skrzydle lub w kadłubie szybowca.

5/II

USZKODZENIA EKSPLOATACYJNE

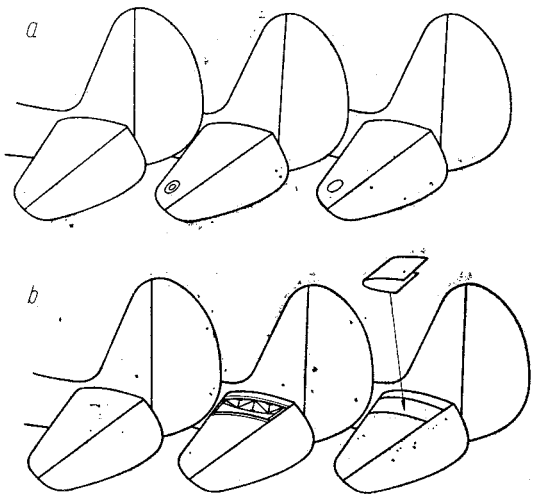
Do charakterystycznych uszkodzeń eksploatacyjnych szybowca zalicza się:

— drobne przebicia pokrycia kadłuba, skrzydeł i usterzeń,
— złamania listwy spływu skrzydeł, lotek i sterów,
— wgniecenia pokrycia w dolnej części kadłuba,
— pęknięcia szkła organicznego w osłonach kabin,
— uszkodzenie zawieszenia steru kierunku,
— uszkodzenie okuć głównych.

Przebicia pokrycia konstrukcji należą do częstych uszkodzeń, zdarzających się podczas nieostrożnego hangarowania szybowca, w trakcie ładowania na wóz transportowy lub w czasie lądowania w terenie przygodnym. Charakterystyczne przykłady tego rodzaju uszkodzeń pokazane są na rysunku 159; rysunek 159*a* przedstawia drobne przebicie pokrycia sklejkowego usytuowane na końcu statecznika wysokości. Przy tego rodzaju uszkodzeniu może być wykonana naprawa doraźna, polegająca na naklejeniu łatki ze sklejki na uszkodzone miejsce. W tym celu konieczne jest wyrównanie krawędzi otworu, na przykład zaokrąglenie go, a następnie zukosowanie brzegów otworu i staranne dopasowanie również zukosowanej łatki sklejkowej. Dzięki zukosowaniu sklejek

uzyskuje się odpowiednio dużą powierzchnię klejenia. Pewne trudności może powodować brak dostatecznej sztywności pokrycia, utrudniający wywarcie na łatkę odpowiedniego docisku. 1 9 5

Dlatego też, jeżeli podobne co do charakteru przebicie umiejscowione jest bliżej okuć statecznika, jak to przedstawione zostało na rysunku 159*b*, to prawidłowa naprawa polega na wymianie uszkodzonego fragmentu pokrycia. Krawędzie tego fragmentu przebiegają wzdłuż krawędzi szkieletu konstrukcji, a więc dźwigarka, listwy natarcia i dwóch sąsiednich żeberek. W ten sposób utworzone zostają właściwe warunki do

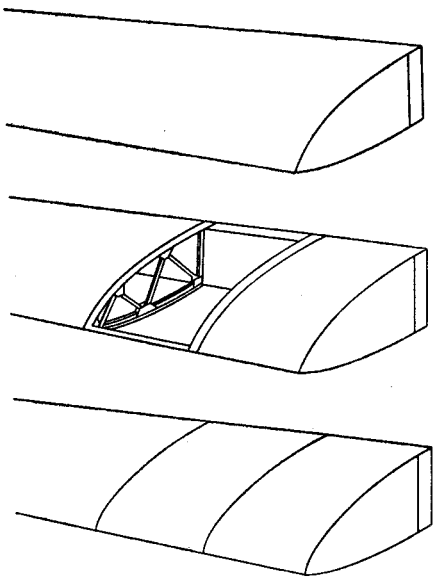


Rys. 159. Naprawa sklejki w pokryciu statecznika wysokości
a — łatka, *b* — wymiana uszkodzonej sklejki

sztywnego podparcia spoin podczas klejenia. Jeżeli listwa natarcia odznacza się małym przekrojem, a tym samym ma mały promień zaokrąglenia, mogą powstać trudności z prawidłowym klejeniem nowego pola sklejki do tej listwy i staje się konieczne usunięcie dolnego pola pokrycia statecznika w celu umożliwienia naklejenia fragmentu nowego pokrycia obwodowego. W tym celu konieczne jest wykonanie na foremniku odpowiednio ukształtowanego na mokro fragmentu pokrycia (rys. 159*b*). Zarówno sklejka na stateczniku, jak i nowe przygotowane pokrycie sklejkowe, wymagają zukosowania wzdłuż krawędzi i dokładnego dopasowania powierzchni podlegających klejeniu. Przed wykonaniem tego rodzaju naprawy statecznik musi być zdemontowany i przeniesiony do podręcznego warsztatu naprawczego.

W podobny sposób postępuje się przy przebiciach kesonu skrzydła (rys. 160). Uszkodzone pole kesonu usuwane jest wraz z odpowiadającym mu przeciwległym polem wzdłuż linii dźwigara, listwy natarcia i żeber. Do wykonania fragmentu nowego pokrycia musi być użyta sklejka o odpowiedniej grubości przy zachowaniu takiego samego układu słojów, jaki widoczny jest na zdjętym uszkodzonym pokryciu. Krawędzie sklejki na skrzydle i krawędzie nowo wykonanego fragmentu pokrycia poddawane są ukosowaniu przy zachowaniu skosu 1 : 15.

Na rysunku 161 pokazany jest przypadek złamania listwy natarcia skrzydła. Złamaniu takiemu towarzyszy zwykle uszkodzenie kesonu oraz jednego lub kilku żeberek. Po zdję-



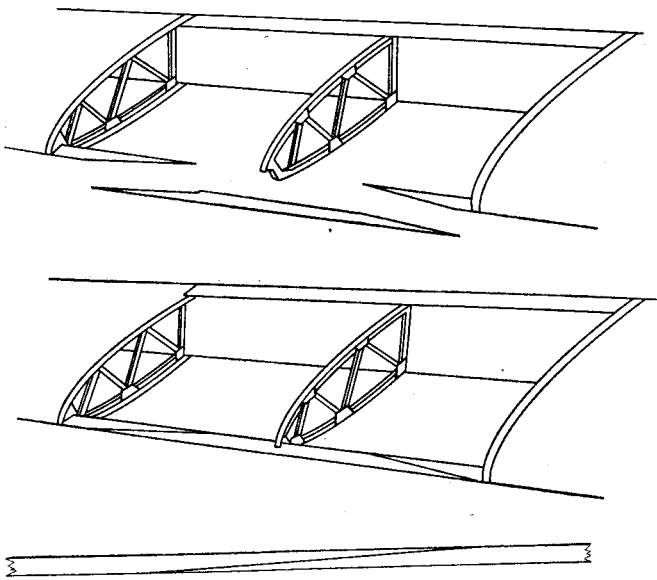
Rys. 160. Naprawa pokrycia kesonu skrzydła

ciu uszkodzonych pól kesonu wykonuje się w pierwszej kolejności naprawę żeberek, a następnie naprawę listwy natarcia. Ponieważ nowy odcinek listwy natarcia musi być wklejony przy zachowaniu odpowiedniego ukosowania, konieczne jest częste odsłonięcie dalszych pól kesonu. Tego rodzaju postępowanie może spowodować spadek sztywności skrętnej skrzydła, a więc jego zwichrowanie; konieczne jest więc unieruchomienie skrzydła jeszcze przed przystąpieniem do wykonywania wstępnych prac naprawczych.

W podobny sposób postępuje się w przypadku złamania dolnej podłużnicy kadłuba (rys. 162). Wskutek trzykrotnego zła-

mania podłużnicy (przy dwóch sąsiednich wręgach i między wręgami) w pokazanym przypadku jest konieczne odsłonięcie dalszych pól pokrycia w celu umożliwienia wklejenia nowego odcinka podłużnicy. W takich przypadkach usuwana jest zwykle sklejka dolnej połowy kadłuba, a więc od jednej bocznej podłużnicy do drugiej. W czasie wykonywania naprawy kadłub powinien być unieruchomiony w przedniej i w tylnej części, co chroni go przed skręceniem.

Do wywierania docisków wymaganych podczas klejenia stosowane są przy pokryciach sklejkowych paski sklejkowe na-



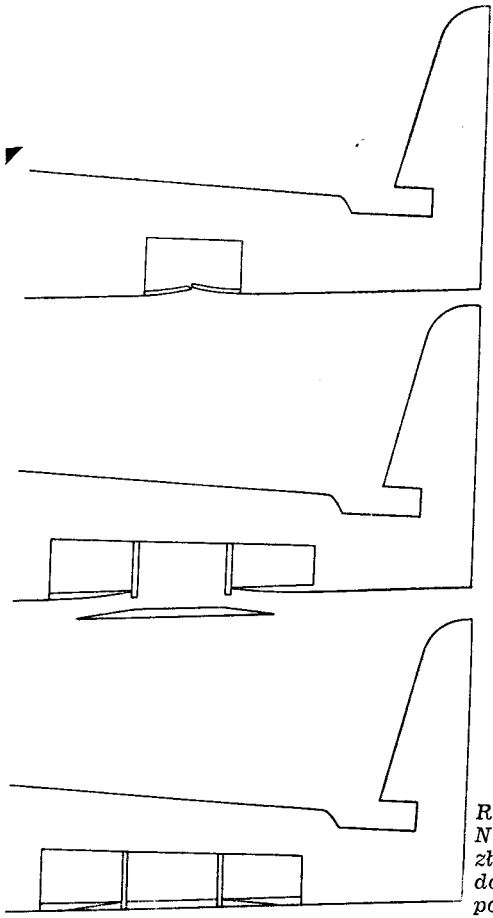
Rys. 161. Naprawa złamanej listwy natarcia skrzydła

bite rzędami gwoździków, natomiast przy łączeniu listew — szczypce sprężynowe i ściski stolarskie (zwornice, rys. 163). Wywieranie docisku na spoinę klejową za pomocą gwoździkowania jest metodą mającą swoją tradycję w lotnictwie, tym niemniej kilkakrotne stosowanie jej w tych samych miejscach powoduje osłabienie wewnętrznych elementów konstrukcji. Wówczas niezbędna jest wymiana tych elementów na nowe.

Po ukończeniu procesu wiązania kleju paski sklejkowe wraz z gwoździkami usuwa się, a pozostałe po gwoździkach otworki szpachluje się, podczas przygotowywania konstrukcji do lakierowania.

W warunkach przeciętnego użytkownika szybowców mogą

wyniknąć trudności w uzyskaniu odpowiedniego gatunku kleju niezbędnego do wykonania naprawy. Jeżeli nie można zdobyć takiego samego kleju, jakim był klejony naprawiany obecnie szybowiec, to istnieje możliwość zastosowania innego rodzaju kleju pod warunkiem, że nie będzie on reagował



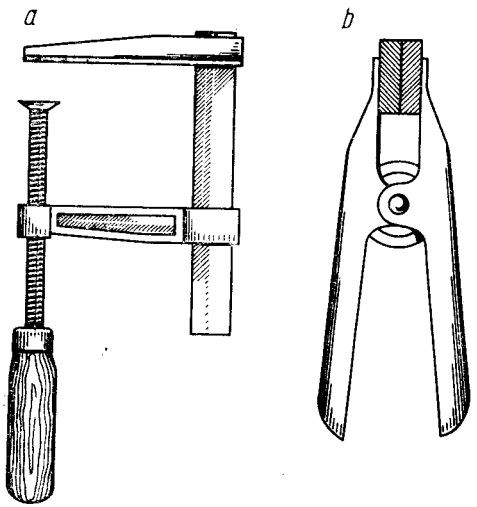
Rys. 162 Naprawa złamanej dolnej podłużnicy kadłuba

z podstawowym klejem szybowca. Zwykle odpowiednie informacje zawarte są w orzeczeniach wydawanych dla poszczególnych gatunków klejów.

Uszkodzenia konstrukcji laminatowych mogą nastręczać nieco inne trudności. W zasadzie istnieje możliwość wycinania fragmentów pokryć skorupowych i wklejania na ich miejsce przygotowanych odpowiednio pokryć laminatowych. Przy

wklejaniu takim stosuje się również ukosowanie powierzchni klejonych. Ze względu na konieczność posiadania odpowiednich foremników oraz na samą technologię naprawy, konieczne jest najczęściej odsyłanie uszkodzonych zespołów do wytwórców szybowca. W przypadkach poważniejszych, które przy tradycyjnych konstrukcjach drewnianych kwalifikowałyby się do naprawy, naprawa konstrukcji laminatowej może okazać się nieopłacalna lub niemożliwa, w związku z czym konieczna jest wymiana całego zespołu na nowy.

Drobne rozdarcia lub przebicia pokrycia płóciennego naprawiane są doraźnie przez zeszycie otworu i naklejenie łatki. Przykłady takich uszkodzeń pokazane są na rysunku 164.

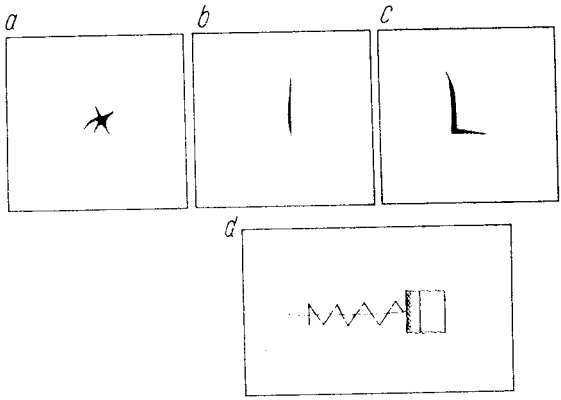


Rys. 163 Narzędzia służące do wywierania nacisku na spoinę podczas klejenia
a — ściski (zwornice)
b — szczypce sprężynowe

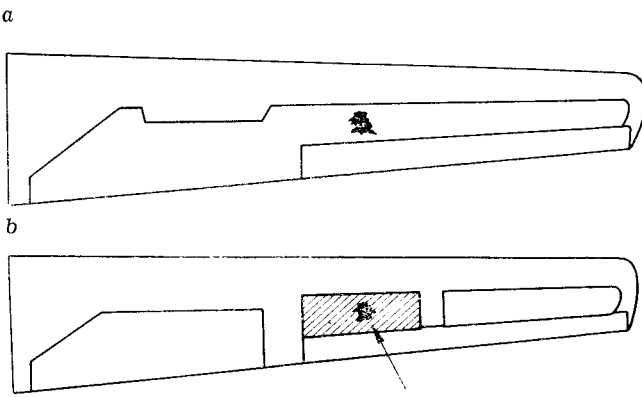
Przystępując do naprawy pokrycia należy obciąć postrzępione nitki tkaniny i usunąć za pomocą rozcieńczalnika cellon na szerokości około 40 mm wokół miejsca uszkodzonego. Następną czynnością jest zaszycie tkaniny mocnymi nawoskowanymi nićmi w sposób pokazany na rysunku 164*d*. Na tak przygotowane miejsce nakleja się łatkę wykonaną z pocellonowanej tkaniny lotniczej. Brzegi łatki można ząbkować, przez co poprawia się jej przyczepność do pokrycia. Łatkę klei się cellonem nakładanym na obie składane powierzchnie. Nadmiar cellonu wyciska się ze spoiny szmatką. Po wyschnięciu cellonu można naprawiane miejsce zabarwić odpowiednio barwionym cellonem.

Tego rodzaju naprawy pokrycia płóciennego traktowane są zwykle jako naprawy doraźne. Bardziej prawidłowym rozwiązaniem jest w takich przypadkach wymiana fragmentu

pokrycia. Jeżeli uszkodzone miejsce znajduje się na niezbyt dużym polu tkaniny, ograniczonym ze wszystkich stron konstrukcją drewnianą (rys. 165), to można wymienić całe pole tkaniny. Jeżeli jednak wzdłuż całego skrzydła występuje jedno ciągłe pokrycie płócienne, to często poprzestaje się na naprawie uszkodzenia, a wymiany opłótnienia dokonuje się



Rys. 164. Sposoby naprawy drobnych uszkodzeń tkaniny pokrycia



Rys. 165. Naprawa większych uszkodzeń tkaniny pokrycia
a — wymiana całej tkaniny, b — wymiana jednego pola tkaniny

przy najbliższej naprawie głównej szybowca. Pokrycie wymienia się w sposób opisany w rozdz. II pkt 8, po uprzednim usunięciu z konstrukcji drewnianej papierem ściernym śladów starego kleju.

Do drobnych usterek pokrycia płóciennego zalicza się lokalne wgniecenia tkaniny, którym towarzyszy okrężne pękanie

warstwy lakieru. Usterki takie można usuwać za pomocą rozcieńczalnika, którym rozciera się uszkodzone miejsce w celu usunięcia popękanego lakieru cellonowego. Po wyschnięciu tkaniny uszkodzone miejsce cellonuje się na nowo. 210

W podobny sposób postępuje się w przypadku złuszczenia się lub odłupania lakieru na konstrukcji drewnianej. W celu umożliwienia usunięcia uszkodzonego lakieru należy lakier zmiękczyć rozcieńczalnikiem. Jeżeli zmiękczanie lakieru postępuje zbyt wolno, to można na uszkodzone miejsce przyłożyć okład ze szmatki zwilżonej rozcieńczalnikiem i przykrytej nieprzepuszczalnym papierem, który chroni okład przed odparowaniem rozcieńczalnika. Zmiękczony lakier usuwa się za pomocą szpachli malarskiej. Pozbawione lakieru miejsce i otaczającą je warstwę lakieru należy przeszlifować papierem ściernym aż do uzyskania łagodnego przejścia z zewnętrznej warstwy lakieru do powierzchni drewna. Na tak przygotowaną i wysuszoną powierzchnię można teraz nakładać przewidziane technologią kolejne warstwy lakierów. Po zupełnym wyschnięciu zewnętrznej warstwy można ją przepolerować pastą do polerowania nanoszoną miękką szmatką. Omawiane tu sposoby usuwania drobnych usterek pokrycia lakierniczego odnoszą się do lakierów nitrocelulozowych, stosowanych do lakierowania dużej części szybowców. W przypadku innych rodzajów lakieru, jak na przykład lakieru poliuretanowego, występują trudności przy usuwaniu z konstrukcji pokrycia lakierniczego, gdyż lakier ten w stanie utwardzonym nie zmiękcza się rozcieńczalnikiem i musi być usuwany w sposób mechaniczny.

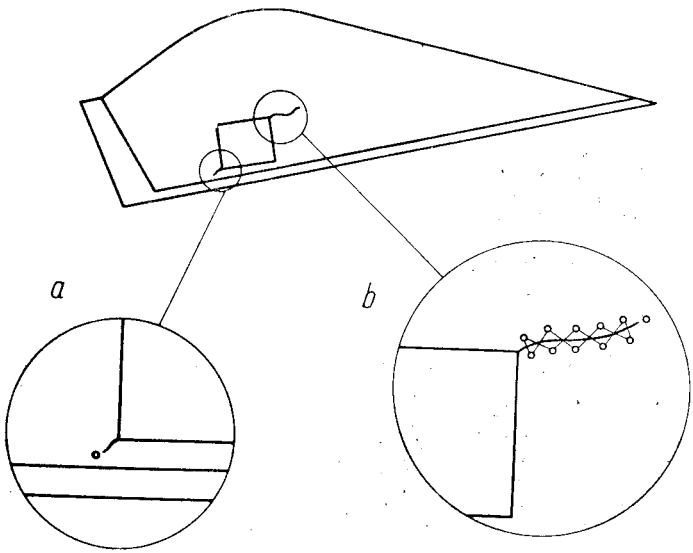
Przy złamaniach listew spływu na skrzydłach i usterzeniach konieczne jest częściowe rozpłótnienie konstrukcji (lub usunięcie pokrycia sklejkowego) na odcinku pozwalającym na wklejenie nowej listwy; należy przy tym przestrzegać wymaganego ukosowania.

Szkło organiczne odznacza się małą odpornością na uszkodzenia mechaniczne, toteż często staje się konieczne wykonywanie drobnych napraw osłon kabin. Charakterystyczne przypadki uszkodzeń oraz sposób ich doraźnej naprawy przedstawione są na rysunku 166. Rozszerzaniu się spostrzeżonego pęknięcia można zapobiec doraźnie przez nawiercenie otworka na końcu pęknięcia. Jeżeli pęknięcie występuje na dłuższym odcinku, to oprócz nawiercenia otworka konieczne jest wzmocnienie pokrycia przez zabezpieczenie go drutem mosiężnym w sposób pokazany na rysunku 166. Istnieje także możliwość klejenia szkła organicznego za pomocą kleju sporządzonego z drobnych opiłków szkła rozpuszczonych w dwuchloroetanie. Metoda ta stosowana jest raczej do moco-

wania na osłonie prowadnic odsuwanych okienek, uchwytów i podstaw do zabudowy busoli.

Drobne porysowania powierzchni oszklenia można usuwać przez ręczne polerowanie miękką ściereczką lub zamszem, przy użyciu odpowiedniej pasty.

Jedną z poważniejszych usterek jest uszkodzenie ograniczników wychyleń i dolnego zawieszenia steru kierunku. Polega ono na wybudowaniu się z dźwigarka statecznika pionowego klocków mocujących okucia zawieszenia steru lub na wy-



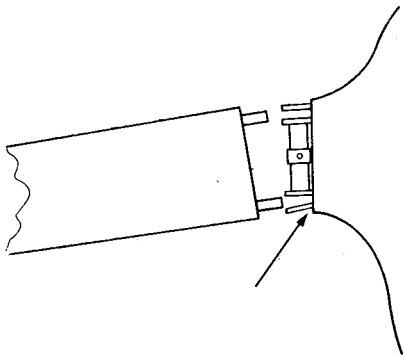
Rys. 166. Doraźne sposoby naprawy pęknięć szkła w osłonach kabin

budowaniu się okuć z dźwigarka steru kierunku. Jednocześnie występuje często uszkodzenie ograniczników wychyleń steru kierunku. Wspomniane uszkodzenia mogą być wywołane nieodpowiednim kotwiczeniem szybowca na starcie lub w terenie przygodnym. Nie zabezpieczony przed podmuchami wiatru ster kierunku uderza ze znaczną energią o zderzaki wychyleń i niszczy je, a obciążenia przenoszą się stopniowo na elementy zawieszenia steru, powodując ich uszkodzenia. Podobne zjawiska wywoływane są nieodpowiednim użytkowaniem szybowca w locie. W następstwie doprowadzania szybowca do ślizgów na ogon, najczęściej zresztą niezamierzonych, a wynikłych z nieumiejętnie wykonywanych przewrotów, występują gwałtowne i pełne wychylenia steru kierunku, mogące w sposób doraźny zniszczyć zawieszenie steru. Do najpoważniejszych uszkodzeń eksploatacyjnych należy

uszkodzenie okuć głównych łączących skrzydła z kadłubem. Uszkodzenia takie zdarzają się podczas nieumiejętnego demontażu szybowca, a więc głównie w terenie przygodnym. Charakterystyczny przykład takiego uszkodzenia pokazany jest na rysunku 167, na którym przedstawiono zgięte ucho dolnego okucia kadłubowego. Zgięcie to nastąpiło w następstwie opuszczenia przez pomocnika końca przytrzymywanego skrzydła, podczas gdy bardziej sztywne okucie skrzydłowe nie zostało jeszcze wysunięte z podwójnych okuć kadłubowych. Opisane tu uszkodzenie jest z reguły bardzo kłopotliwe i wymaga odesłania szybowca do warsztatowej naprawy specjalnej.

2 0 3

Szczególnie ostrożnie należy podchodzić do sprawy kwalifikowania uszkodzeń doznawanych przez szybowce podczas lądowania w terenie przygodnym. Brak odpowiedniego przy-



Rys. 167. Uszkodzenie okucia kadłuba spowodowane opuszczeniem skrzydła podczas demontażu

gotowania technicznego u dużej części pilotów, połączony niejednokrotnie z chęcią pomniejszenia zakresu spowodowanej przez pilota usterki, może prowadzić do poważnych następstw, zwłaszcza gdy pilot zdecyduje się na wezwanie samolotu holującego i powrót na lotnisko na holu. Dlatego należy przyjąć za zasadę, że w razie jakiejkolwiek wątpliwości co do stanu technicznego szybowca należy decydować się na transport drogowy. Po przybyciu na lotnisko macierzyste należy niezwłocznie zgłosić swoje spostrzeżenia i wątpliwości instruktorowi lub mechanikowi, aby spowodować przeprowadzenie szczegółowego przeglądu technicznego szybowca.

NAPRAWY SZYBOWCÓW

Naprawy szybowców sklasyfikowane zostały w następujący sposób:

2 — naprawa bieżąca,
0 — naprawa specjalna,
4 — naprawa główna (inaczej remont międzyresursowy).

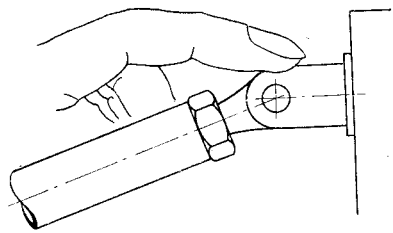
Naprawy bieżące dotyczą mniej poważnych uszkodzeń i są z reguły wykonywane własnymi środkami użytkownika szybowca. Są to naprawy nie dotyczące głównych elementów wytrzymałościowych konstrukcji, lecz sprowadzające się do przypadków zilustrowanych na rysunkach 159, 160, 161, 162, 164 oraz 165. Naprawa bieżąca jest wpisywana w książce szybowcowej w rozdziale dotyczącym prac obsługowych.

Naprawa specjalna związana jest z poważnym uszkodzeniem szybowca i w większości przypadków wymaga skierowania go do odpowiedniego warsztatu naprawczego lub wytwórni. Naprawa taka wykonywana jest najczęściej po wypadku lotniczym, podczas którego zostało złamane skrzydło lub kadłub szybowca. Szczególnym przypadkiem naprawy specjalnej może być przykład pokazany na rysunku 167 (konieczna jest wymiana okucia głównego w kadłubie). Po ukończeniu naprawy specjalnej szybowca pilot z uprawnieniami pilota doświadczalnego wykonuje na szybowcu lot sprawdzający.

Przez pojęcie naprawy głównej rozumie się remont, któremu szybowiec jest poddawany po wylataniu ustalonej liczby godzin. Celem takiego remontu jest przywrócenie szybowcowi pełnej sprawności technicznej, która umożliwi dalsze bezpieczne użytkowanie szybowca przez ustaloną liczbę godzin. Naprawy główne przeprowadzane są w wyspecjalizowanych warsztatach naprawczych lub w wytwórni. Ich zakres określony jest dla każdego typu szybowca, niezależnie jednak od tego wykonywane są przy szybowcu wszelkie wymagane dodatkowe prace, warunkujące uzyskanie pełnej sprawności technicznej. Zwykle podczas przeprowadzania naprawy głównej wymienia się niektóre zużyte elementy szybowca, jak też wprowadza się w konstrukcji obowiązujące zmiany konstrukcyjne, ujęte w odpowiednich biuletynach wytwórcy.

Jedną z ważnych pozycji w pracach remontowych jest kasowanie nadmiernych luzów w połączeniach spoczynkowych i obrotowych. Polega ono bądź to na wymianie zużytych tulejek łożyskowych lub samych łożysk, bądź też na rozwiercaniu zużytych otworów (owalizacja, deformacje, zadarcia itp.) na nieco większy wymiar i zastosowaniu nowych nadwymiarowych sworzni. W konstrukcjach szybowcowych otwory i sworznie wykonywane są w określonych klasach dokładności, co w skojarzeniu zapewnia połączenia suwliwe, zapewniające prawidłowy i prosty w przeprowadzeniu montaż zespołów i napędów szybowca. Luzy połączeń, występujące przy tych pasowaniach, mają wartości od 0,05 do 0,15 mm,

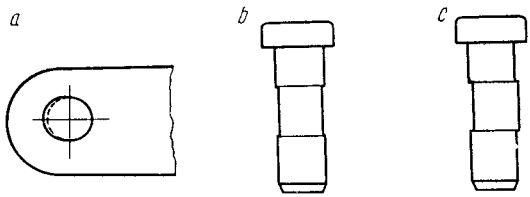
tak że w większości przypadków wyczuwalne są pod palcem przyłożonym bezpośrednio do elementów łączonych (rys. 168). Podczas użytkowania szybowca luzy w połączeniach powiększają się bądź to w wyniku tarcia towarzyszącego ruchowi obrotowemu połączenia, bądź też na skutek dynamicznego oddziaływania łączonych zespołów szybowca na powierzchnie przylgowe otworów i sworzni. To dynamiczne oddziały-



Rys. 168. Przybliżony sposób określenia luzu

wanie jest najczęściej ukierunkowane i prowadzi do owalizacji otworów i zmniejszania średnicy sworzni. Takie przypadki pokazane są w nieco przejaskrawiony sposób na rysunku 169.

Ponieważ rozwiercanie otworów w okuciach prowadzi do stopniowego zmniejszania przekrojów pracujących okuć, konieczne jest określenie przez konstruktora dopuszczalnej granicy wymiarowej otworów. Zazwyczaj zapas materiału pomiędzy nominalnym wymiarem otworu i wymiarem maksymalnym pozwala na kilkakrotne rozwiercanie otworu. Przy



Rys. 169. Objawy zużycia otworu i sworzni
a — owalizacja otworu, *b* — zmniejszenie średnicy sworznia, *c* — ślady ścinania na sworzniu

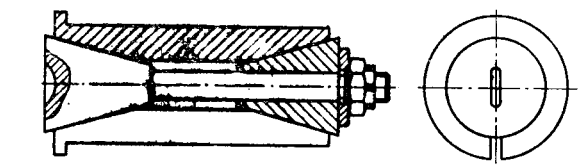
zastosowaniu rozwiertaków nastawnych rozwiercanie może być wykonywane w sposób bardzo oszczędny, jednak w celu ujednolicenia procesów remontowych przyjęło się rozwiercanie rozwiertakami stałymi, których średnice stopniowane są co 0,2 mm. Umożliwia to trzykrotne rozwiercanie otworów. W ten sposób nominalny otwór w okuciu o średnicy

16,0 mm rozwiercany jest podczas kolejnych napraw głównych odpowiednio na wymiar 16,2 mm, 16,4 mm oraz 16,6 mm. Jednocześnie w połączeniach znajdują zastosowanie odpowiednie przewymiarowane sworznie (tzw. sworznie remontowe), które oznacza się kolejno symbolem R1, R2, R3. Dokonane rozwiercenie okuć odnotowywane jest w świadectwie naprawy szybowca.

Na rysunku 169c pokazany jest poważnie uszkodzony sworzeń, noszący charakterystyczne ślady ścinania, świadczące o występowaniu niedopuszczalnego przeciążenia konstrukcji podczas użytkowania szybowca.

Omawiane tu przypadki powstawania luzów dotyczyły połączeń, w których występują sworznie walcowe. Znacznie większą odpornością na powstawanie luzów eksploatacyjnych odznaczają się połączenia spoczynkowe, w których zastosowane są sworznie stożkowe (rys. 106). Zaletą takich połączeń jest możliwość kasowania luzów przez odpowiednie dociągnięcie sworzni łączącą je śrubą. Czynność ta wykonywana jest podczas każdego montażu szybowca oraz przy wykonywaniu prac okresowych. Także i tu istnieje możliwość rozwiercania otworów przez głębsze wpuszczanie rozwiertaka.

W celu kasowania luzów stosowane są w niektórych połączeniach głównych cylindryczne sworznie rozprężne. Sworzeń rozprężny ma wytoczone wewnątrz, wzdłuż swojej osi, dwa stożkowe otwory. Jednocześnie jest on rozcięty wzdłuż tworzącej cylindra, co pozwala na rozpieranie go za pomocą współbieżnie wciskanych do jego środka dwóch stożkowych czopów (rys. 170). Przez ściąganie za pomocą śruby znajdujących się w nim dwóch stożków istnieje możliwość kasowania luzów w zakresie od 0,1 do 0,2 mm.



Rys. 170. Konstrukcja sworznia rozprężnego

Przeprowadzenie naprawy głównej szybowca udokumentowane jest wystawieniem świadectwa naprawy, do którego załącza się protokół ważenia i wyznaczenia środka ciężkości szybowca oraz protokół prób w locie. Jeżeli w następstwie wykonanej naprawy przekroczony został dopuszczalny ciężar własny szybowca, to konieczne jest wprowadzenie odpowiedniego ograniczenia ciężaru ładunku szybowca.

OKRESY UŻYTKOWANIA SZYBOWCÓW

Każdy nowy szybowiec opuszczający wytwórnię ma ustalony okres pracy (resurs), określający liczbę godzin lotu do pierwszej naprawy głównej. Zależnie od rodzaju konstrukcji i przeznaczenia szybowca resurs wynosi odpowiednio od około 600 godzin do 1000 godzin lub więcej. Po wylataniu ustalonej liczby godzin powinno nastąpić skierowanie szybowca do pierwszej naprawy głównej. Zdarzają się przypadki, że przy właściwym użytkowaniu szybowca istnieje techniczna możliwość przedłużenia czasu użytkowania przed skierowaniem go do naprawy. Po ukończeniu każdej kolejnej naprawy głównej ustalany jest dalszy czas użytkowania szybowca. Zwykle zakłada się, że szybowiec poddawany będzie trzem naprawom głównym, co nie wyklucza możliwości przeprowadzania dalszych napraw, jeśli pozwoli na to stan techniczny szybowca. Wiele ze znajdujących się w użytkowaniu szybowców konstrukcji drewnianej przekroczyło już 2000 godzin lotu przy zachowaniu pełnej sprawności technicznej.

8/II

DOKUMENTACJA SZYBOWCA

Na całość dokumentacji szybowca składają się dokumenty budowy wystawiane przez wytwórnię oraz dokumenty urzędowe wystawiane przez odpowiedni organ nadzoru państwowego.

W pierwszej kolejności wystawiane są dokumenty budowy, składające się ze świadectwa budowy oraz załączników, takich jak protokół ważenia i wyznaczenia środka ciężkości, protokół niwelacji szybowca oraz protokół prób w locie. Dokumenty te poświadczone są przez organ państwowy sprawujący nadzór nad budową szybowca. Na ich podstawie wystawiane są następnie dokumenty urzędowe, składające się ze świadectwa sprawności technicznej, świadectwa rejestracji i książki szybowcowej. Jednocześnie organ nadzoru poświadcza opracowane przez wytwórcę instrukcje użytkowania szybowca w locie, opis techniczny szybowca wraz z instrukcją obsługi technicznej oraz z wykazem obowiązujących czynności okresowych i instrukcję napraw. Wymieniona tu instrukcja użytkowania szybowca stanowi część składową świadectwa sprawności technicznej szybowca.

Książka szybowca zawiera siedem rozdziałów, które w su-

mie stanowią rejestr przebiegu użytkowania szybowca. Są to następujące rozdziały:

— wykaz osprzętu zabudowanego na szybowcu i jego zmian w trakcie użytkowania,
— wykaz wprowadzonych zmian konstrukcyjnych,
— rejestr lotów szybowca (liczba lotów i ich łączny czas),
— rejestr wykonywanych czynności okresowych,
— rejestr prac obsługowych (usterki i ich usuwanie, naprawy bieżące),
— rejestr napraw głównych szybowca,
— zbiór kolejnych świadectw oględzin szybowca.

Świadectwo sprawności technicznej szybowca wystawiane jest na określony przeciąg czasu, na przykład na okres 6 miesięcy lub jednego roku. Ważność tego świadectwa przedłużana jest przez organ nadzoru poprzez wystawianie świadectwa oględzin szybowca.

Oprócz podstawowych dokumentów wystawiane są metryczki lub świadectwa jakości dla zabudowanego na szybowcu osprzętu, a więc dla zaczepów startowych, przyrządów pokładowych i innych elementów wyposażenia szybowca. W dokumentach tych prowadzony jest rejestr godzin lotu lub liczby startów oraz dokonywane są wpisy poświadczające wykonywanie wymaganych czynności kontrolnych i napraw.

CZĘŚĆ TRZECIA

URZĄDZENIA STARTOWE SZYBOWCÓW

Rozdział I

WYCIĄGARKI SZYBOWCOWE

1/I

BUDOWA WYCIĄGARKI

Od kilkudziesięciu z górą lat znane są w szybownictwie trzy metody startu, a mianowicie start z lin gumowych, start za pomocą mechanicznego urządzenia naziemnego oraz start za samolotem. Start z lin gumowych, najprostszy w realizacji i najmniej kosztowny, wykazuje jednak ograniczone możliwości użytkowe, gdyż jest nierozłącznie związany z terenem górskim. Wiadomo natomiast, że przeważająca większość lotów szybowcowych wykonywana jest od lat w terenie płaskim. Stąd też przyjęły się głównie metody startu za wyciągarką i za samolotem. Czynione w niektórych krajach próby startu szybowca za pomocą doczepnych silniczków startowych bądź rakiet nie dały jak dotychczas pozytywnych wyników i nie wyszły poza ramy sporadycznych eksperymentów.

Początkowo starty mechaniczne odbywały się przy użyciu liny ciągnionej bezpośrednio przez pojazd, później dla skrócenia drogi pojazdu i zmniejszenia jego prędkości, zastosowano bloczek doczepiany do pojazdu. Przez bloczek przewinięta była lina, której jeden koniec przymocowany był do wbitego w ziemię kołka, drugi natomiast połączony był z hakiem startowym szybowca. Wreszcie stwierdzono, że najkorzystniejszym rozwiązaniem jest nieruchoma wyciągarka.

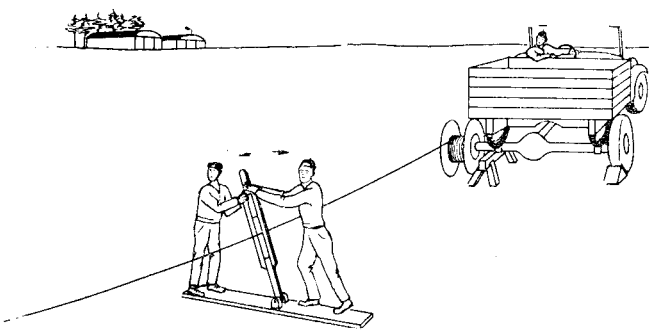
Po dość długim okresie improwizacji i eksperymentów poziom konstrukcyjny wyciągarek ustabilizował się, osiągając stan reprezentowany przez omawiane na dalszych stronach typy

wyciągarek. W dziedzinie dalszego rozwoju tych urządzeń startowych obserwuje się od kilku już lat pewną stagnację, której przyczyn dopatrywać się można w rozwoju nowych kierunków szkolenia i dużej popularności doskonałych samolotów wielozadaniowych, gotowych w każdej chwili, bez kłopotliwych przygotowań przedstartowych, do wyholowania szybko i dowolnie wysoko każdego typu szybowca.

Rozwój wyciągarek datuje się od lat trzydziestych, a ustalenie założeń konstrukcyjnych i użytkowych, obowiązujących obecnie, przypada na okres powojenny. W okresie początkowym konstrukcje wyciągarek oparte były prawie wyłącznie na konstrukcjach samochodowych i polegały na doraźnym przystosowaniu pojazdu do pełnienia roli wyciągarki.

Ze względu na lekkość konstrukcji ówczesnych szybowców w zupełności wystarczały do tego celu samochody osobowe lub ciężarowe, wyposażone w silniki o mocy 40÷60 KM. Charakterystyczny dla lat trzydziestych przykład wyciągarki szybowcowej pokazano na rysunku 171. Rysunek przedstawia samochód ciężarowy, w którym zamiast jednego z tylnych kół zabudowano bęben startowy służący do nawijania liny holującej szybowiec. Ruch obrotowy silnika przenoszony tu był w całości przez mechanizm różnicowy kół na podpartą oś z zabudowanym na niej bębnem (pozostałe koła były unieruchomione podstawkami samolotowymi). Lina była nawijana na bęben w sposób pokazany na rysunku 171.

Na podstawie zdobywanego stopniowo doświadczenia konkretyzowały się z biegiem czasu wymagania, jakim powinna



Rys. 171. Samochód ciężarowy przystosowany do roli wyciągarki szybowcowej

odpowiadać w pełni sprawna wyciągarka szybowca. Konstruktorzy musieli dobrać odpowiedni silnik oraz rozwiązać konstrukcyjnie napęd bębna, mechaniczny układacz liny na bębnie, samoczynny hamulec bębna oraz nożyce awaryjne

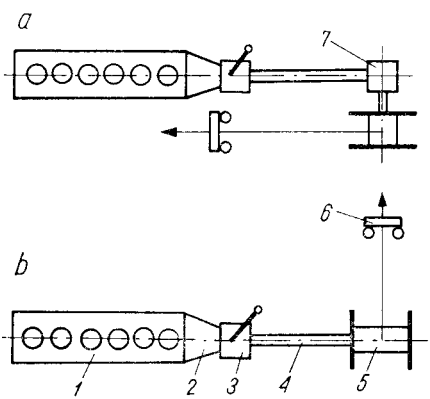
do odcinania liny w sytuacjach niebezpiecznych. Ponieważ pojawiły się szybowce, których ciężar w locie osiągnął około 500 kG (dwumiejscowe), wzrosło zapotrzebowanie na moc silnika, która przejściowo ustaliła się przy wartościach 85÷÷90 KM. Wkrótce okazało się, że w celu zapewnienia poprawności startu cięższych szybowców w warunkach bezwietrznych w wyciągarkach trzeba zastosować silniki o mocy 100÷150 KM, a nawet większej.

2 1 1

Ze względu na dużą trwałość konstrukcji, a jednocześnie stosunkowo małe zapotrzebowanie, wyciągarki budowane są zwykle w krótkich, jednorazowo uruchamianych seriach. Pod względem konstrukcyjnym, a także pod względem osiągów, wyciągarki muszą odpowiadać określonym wymaganiom warunkującym dopuszczenie ich do użytkowania. W wielu krajach wymagane jest uzyskanie dla wyciągarki świadectwa sprawności technicznej, a wyciągarki są rejestrowane, podobnie jak sprzęt latający (szybowce, samoloty).

Stosowane obecnie wyciągarki szybowcowe różnią się między sobą układem, mocą silnika i rozwiązaniami szczegółów konstrukcyjnych, w zasadzie jednak konstrukcja wszystkich użytkowanych obecnie wyciągarek składa się z tych samych zespołów: silnika spalinowego, sprzęgła, skrzynki przekładniowej, układu przenoszącego ruch obrotowy, bębna liny, hamulca bębna, układacza liny i nożyc bezpieczeństwa.

Rozróżnia się dwa układy wyciągarek, to znaczy układ podłużny i poprzeczny (rys. 172). W układzie podłużnym kierunek ciągu liny jest równoległy do osi podłużnej wyciągarki, natomiast w układzie poprzecznym — prostopadle do osi wyciągarki. Pierwszy z układów tworzy konstrukcyjnie lepsze możliwości zastosowania dwóch bębnów liny.



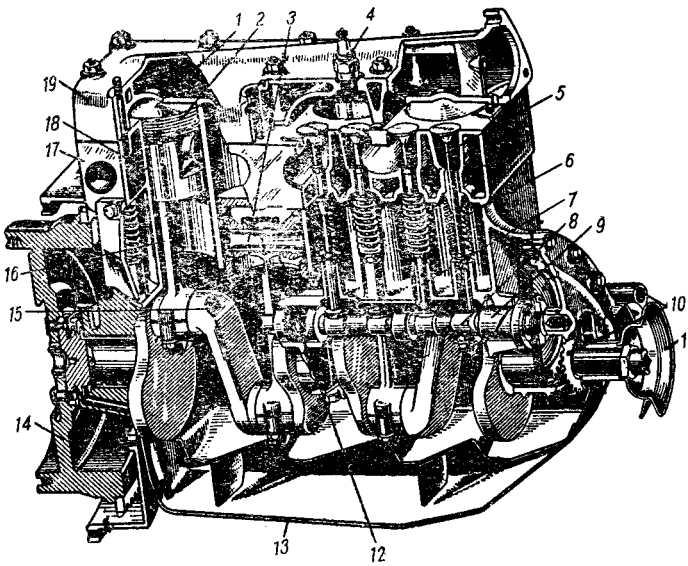
Rys. 172. Typowe układy wyciągarek
a — układ podłużny, *b* — układ poprzeczny

Wyciągarki budowane są jako dwukołowe przyczepy, wyma-

2 gające holowania na miejsce pracy za pojazdem mechanicz-
1 nym oraz jako czterokołowe jednostki samojezdne, posiada-
2 jące podstawowe cechy samochodu.

Silniki wyciągarek są pochodzenia samochodowego. Spotyka się silniki benzynowe z zapłonem iskrowym (rys. 173), a także silniki wysokoprężne.

Podstawowym elementem silnika spalinowego jest cylinder, w którym porusza się ruchem posuwisto-zwrotnym tłok. Tłok



Rys. 173. Przekrój czterocylindrowego silnika spalinowego z zapłonem iskrowym

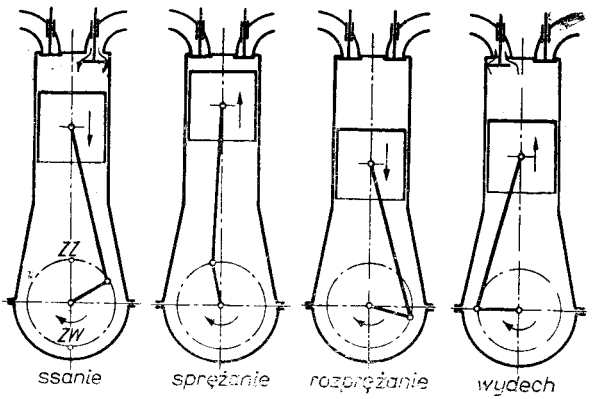
1 — tłok, *2* — pierścienie uszczelniające tłoka, *3* — sworzeń tłoka, *4* — świeca zapłonowa, *5* — zawory cylindra, *6* — sprężyny zaworowe, *7* — popychacz, *8* — krzywka na wale rozrządu, *9* — wał rozrządu, *10* — koła zębate napędu wału rozrządu, *11* — koło napędowe wentylatora i pompy wody, *12* — koło zębate napędu pompy oleju, *13* — miska olejowa, *14* — koło zamachowe, *15* — wał korbowy, *16* — korbowód, *17* — kadłub silnika, *18* — cylinder, *19* — głowica silnika

połączony jest za pomocą korbowodu z wałem korbowym silnika i w ten sposób posuwisto-zwrotny ruch tłoka w cylindrze zamieniony zostaje na ruch obrotowy wału korbowego. Tłok jest uszczelniony w tulei cylindra za pomocą kilku pierścieni, dzięki czemu przestrzeń nad tłokiem oddzielona jest od przestrzeni z drugiej strony tłoka. W ten sposób istnieje możliwość sprężania powietrza lub innych gazów w przestrzeni cylindra nad tłokiem, nazywanej komorą sprężania (rys. 174).

Zasada pracy silnika czterosuwowego polega na tym, że na cztery suwy tłoka tylko jeden suw (trzeci) jest suwem roboczym. Stąd przy zastosowaniu czterosuwowego silnika jed-

nocylindrowego wynikają pewne nierównomierności w pracy. Dlatego w praktyce stosuje się silniki o większej liczbie cylindrów, przez co zapewnia się równomierność pracy i możliwość zwiększania mocy silnika. 2 1 3

Pierwszy suw ma na celu zassanie mieszanki. Tłok, przesuwając się w kierunku wału korbowego, wytwarza w komorze sprężania podciśnienie (ssanie). W tym czasie, za pomocą odpowiednio wyregulowanego rozrządu, otwarty zostaje w głowicy cylindra zawór ssący (ssawny), przez który napływa zassana do cylindra mieszanka powietrza z paliwem (cięża-



Rys. 174. Schemat pracy silnika czterosuwowego z zapłonem iskrowym

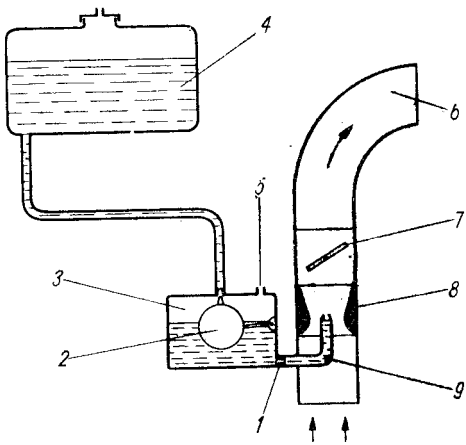
rowo na 1 część paliwa przypada około 16 części powietrza). Skoro tłok rozpocznie ruch powrotny od wału korbowego do zwrotu zewnętrznego (ZZ), zawory w głowicy są zamknięte, co powoduje sprężanie mieszanki w komorze sprężania. Ten suw jest suwem sprężania (drugi suw).

Z chwilą gdy tłok znajdzie się w pobliżu zwrotu zewnętrznego, następuje zapłon mieszanki od iskry elektrycznej wytworzonej na elektrodach świecy zapłonowej wkręconej do głowicy cylindra. Gwałtowne spalanie się mieszanki wywołuje natychmiastowy wzrost ciśnienia i temperatury. Pod wpływem rosnącego szybko ciśnienia tłok zaczyna posuwać się w kierunku wału korbowego, wykonując suw zwany suwem roboczym. W tym suwie energia cieplna, wytworzona podczas spalania mieszanki paliwowej, zamienia się w energię mechaniczną, dzięki której wał korbowy obraca się wykonując pracę użyteczną.

Czwarty suw, zwany suwem wydechu, rozpoczyna się z chwilą, gdy tłok mija zwrot wewnętrzny i ponownie wędruje ku głowicy cylindra. W tym czasie otwarty zostaje drugi zawór, zwany wydechowym lub wylotowym, przez który spaliny

2 są wypychane z cylindra do atmosfery (przez rurę wyde-
1 chową).
4 Przy silniku znajduje się wiele urządzeń niezbędnych do umożliwienia jego pracy. Należy do nich gaźnik, w którym paliwo dopływające ze zbiornika miesza się w odpowiednim stosunku z powietrzem. Zasadę pracy elementarnego gaźnika wyjaśniono na rysunku 175.

Paliwo, wypływające ze zbiornika *4*, dostaje się przez zawór iglicowy uruchamiany pływakiem *2* do komory pływakowej *3*. Gdy komora wypełni się w dostatecznym stopniu paliwem, pływak *2* zostaje uniesiony, zamykając iglicą dopływ paliwa. Urządzenie to działa samoczynnie i zapewnia utrzymanie stałego poziomu (i dopływu) paliwa w rozpylaczu *9*. Ponieważ przestrzeń dyfuzora *8* połączona jest kanałem z za-

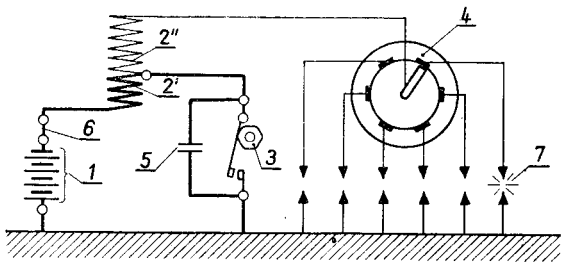


Rys. 175. Schemat elementarnego gaźnika

worami ssącymi cylindrów, panuje w niej podciśnienie wywołane ruchami tłoków. Przepływające powietrze wysysa z rozpylacza paliwo mieszając się z nim w drodze do cylindrów. Intensywność wypływu paliwa z rozpylacza zależy od średnicy dyszy kalibrowanej *1* i od prędkości strumienia powietrza. Do regulowania prędkości strumienia powietrza służy przepustnica *7* wykonana w postaci klapki zasłaniającej lub odsłaniającej prześwit rury dyfuzora. Ta właśnie przepustnica poruszana jest przez mechanika obsługującego wyciągarkę; ruchy przepustnicy wywołują zmniejszenie się lub zwiększenie prędkości obrotowej wału, a tym samym odpowiednie zmiany mocy silnika. W wyniku dostarczenia większej ilości mieszanki, czyli otwarcia przepustnicy, wzrasta energia wybuchów, a tym samym szybkość ruchu tłoka.

Jeżeli zbiornik paliwa umieszczony jest powyżej gaźnika, to paliwo może dopływać do gaźnika opadowo, jeśli jednak znajduje się on niżej niż gaźnik, to konieczne jest podawanie paliwa do gaźnika za pomocą pompy paliwa poruszanej przez pracujący silnik.

Dalszym niezbędnym urządzeniem jest układ zapłonowy silnika. Zależnie od źródła energii elektrycznej, wytwarzającej wysokie napięcie, niezbędne do wywołania wyładowania iskrowego między elektrodami świecy zapłonowej, rozróżnia się dwa rodzaje zapłonu — akumulatorowy i iskrownikowy. Schemat działania zapłonu akumulatorowego pokazany jest na rysunku 176. Układ ten, zasilany prądem dostarczanym przez akumulator samochodowy, wytwarza prąd o wysokim napięciu i w odpowiednich chwilach kieruje go do poszcze-



Rys. 176. Schemat urządzenia zapłonowego silnika spalinowego

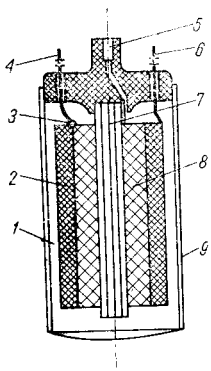
1 — akumulator, *2'* — uzwojenie wtórne, *2''* — uzwojenie pierwotne, *3* — przerywacz prądu, *4* — rozdzielacz, *5* — kondensator, *6* — wyłącznik zapłonu, *7* — świece zapłonowe

gólnych świec znajdujących się w głowicach cylindrów silnika. Prąd o niskim napięciu (12 lub 24 V) przepływa przez uzwojenie pierwotne (grube) cewki indukcyjnej i przerywacz, którego krzywka obracana jest przez silnik. Prąd jest przerywany w przerywaczu okresowo, to znaczy w chwili, gdy ma nastąpić zapłon w którymś z cylindrów. W chwili przerwania prądu niskiego napięcia, w uzwojeniu wtórnym (cienkim) indukowany jest prąd wysokiego napięcia, który doprowadzany jest do rozdzielacza zapłonu. Rozdzielacz, podobnie jak przerywacz, obraca się przekazując prąd wysokiego napięcia na poszczególne świece.

W stalowym korpusie świecy prowadzona jest w izolatorze ceramicznym elektroda główna, zakończona od góry uchwytem do zaczepu przewodu wysokiego napięcia. Na dolnej części korpusu świecy umieszczonych jest zwykle kilka

2 elektrod bocznych, mających poprzez korpus połączenie z ma-
1 są silnika. W dolnej części korpus jest nagwintowany, a wy-
6 żej ma kształt sześciokąta, co pozwala na wkręcanie świecy kluczem do gniazda umieszczonego w ściance głowicy cylindra. Elektrody boczne są tak ustawione, że pomiędzy nimi a elektrodą główną (inaczej środkową) istnieje odstęp 0,5÷÷0,7-milimetrowy. Z chwilą przekazania prądu wysokiego napięcia na świecę, powstaje na jej elektrodach iskra, dająca początek zapłonowi mieszanki.

Nieco odmiennie przedstawia się budowa iskrownikowego układu zapłonowego. Różnica polega na tym, że iskrownik sam wytwarza energię elektryczną. W tym celu jest on wy-



Rys. 177. Budowa cewki zapłonowej
1 — bandaż żelazny, *2* — uzwojenie pierwotne, *3* — połączenie końca uzwojenia wtórnego z końcem uzwojenia pierwotnego, *4* i *6* — wyprowadzenie końców uzwojeń pierwotnego i wtórnego, *5* — koniec uzwojenia wtórnego, *7* — rdzeń żelazny, *8* — uzwojenie wtórne, *9* — obudowa

posażony w silne magnesy stałe, zapewniające utrzymanie się stałego pola magnetycznego. W polu magnetycznym iskrownika porusza się uzwojenie pierwotne (grube), przez co na zasadzie indukcji magnetycznej powstaje w nim prąd elektryczny. Z tą chwilą przerywacz przerywa obwód pierwotny, co powoduje, że w uzwojeniu wtórnym indukuje się prąd wysokiego napięcia. Prąd ten, tak samo jak przy zapłonie akumulatorowym, prowadzony jest przewodem do rozdzielacza, a z niego prowadzi do poszczególnych świec.

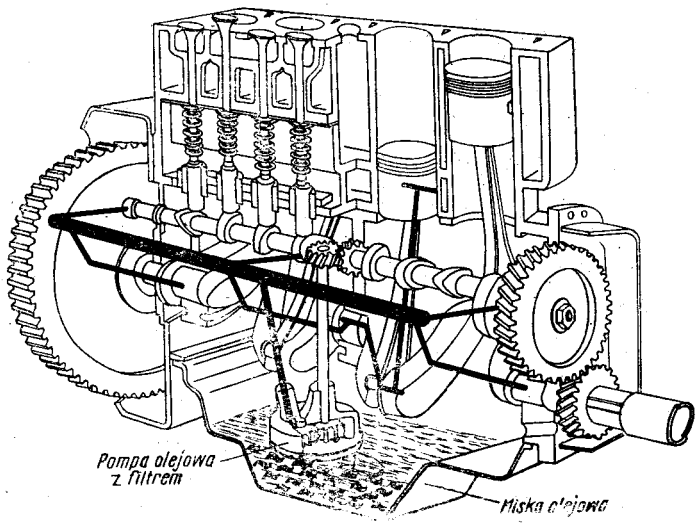
Do sterowania zaworami silnika regulującymi dopływ mieszanki (zawory ssące) i odprowadzenie spalin (zawory wydechowe) służy wał rozrządu napędzany przez układ kół zębatych od wału głównego. Wał rozrządu wyposażony jest w odpowiednio ustawione krzywki, które obracając się naciskają na trzonki zaworów, powodując ich otwieranie się i zamykanie.

Dalszym niezbędnym urządzeniem silnika jest jego układ smarowania. Do smarowania silników stosowane są oleje silnikowe, zwykle pochodzenia mineralnego. Przeznaczeniem oleju jest zmniejszanie tarcia, jakie występuje wszędzie tam,

gdzie się wzajemnie obracają lub przesuwają części metalowe. Do ubocznych, ale równie ważnych zadań oleju zalicza się chłodzenie silnika, uszczelnianie komory spalania w cylindrze oraz oczyszczanie wnętrza silnika z zanieczyszczeń. 2 1 7

Typowy układ smarowania silnika czterosuwowego przedstawiono na rysunku 178. Jest to przykład smarowania mieszanego, najczęściej stosowanego, które polega na tym, że część elementów jest smarowana pod ciśnieniem, część natomiast rozbryzgiem. Znajdujący się w dolnej części kadłuba silnika olej zasysany jest przez filtr do pompy oleju, a z niej tłoczony do kanałów drążonych w wale korbowym, skąd przedostaje się do łożysk wału korbowego.

Olej wyciekający z łożysk odrzucany jest przez wirujące części na ścianki cylindrów, gdzie smaruje powierzchnie trące, a następnie spływa do dolnej części kadłuba, zwanej miską olejową. Ponieważ olej ulega podczas pracy pewnym zmianom chemicznym i zanieczyszcza się tracąc częściowo własności smarne, poddawany jest ciągłemu dokładnemu filtrowaniu (filtr przed pompą), a po pewnej określonej liczbie godzin pracy ulega wymianie na świeży.

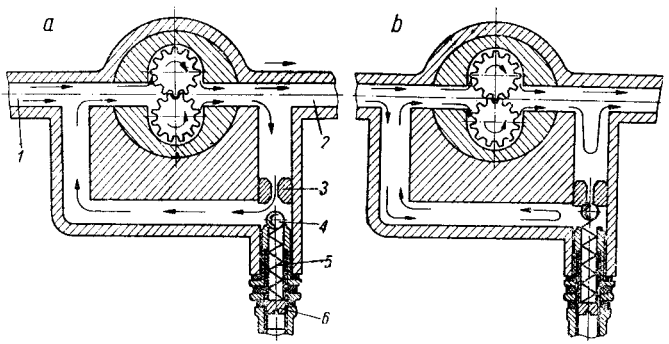


Rys. 178. Typowy układ smarowania silnika

Pompy oleju, najczęściej zębate, mają wbudowany zawór redukcyjny, który utrzymuje odpowiednie ciśnienie oleju. Zasada pracy takiej pompy wyjaśniona jest na rysunku 179. Jedno z dwóch kół zębatych napędzane jest od wału rozrządu silnika, tak że obydwa koła obracają się w kierunku oznaczonym strzałkami. Dzięki temu olej dopływa w prze-

strzenie pomiędzy zębami kół, zostaje przetłoczony na drugą stronę pompy, a stamtąd do kanałów smarujących. Pokazany na rysunku 179 zawór redukcyjny jest zaworem kulkowym. Dociskana do gniazda *3* sprężyną *5* kulka *4* zamyka przepływ tak długo, dopóki ciśnienie oleju nie przekroczy ustalonej wartości. Gdy ciśnienie oleju wzrośnie nadmiernie, kulka pokonuje opór sprężyny i przesuwa się, otwierając przepływ *2* nadmiaru oleju do miski olejowej silnika.

Spalaniu się mieszanki w cylindrach towarzyszy wydzielanie się dużych ilości ciepła, co powoduje intensywne rozgrzewanie się silnika. W celu utrzymania w silnikach odpowiedniej temperatury większość silników chłodzona jest cieczą. Pozostałe silniki chłodzone są powietrzem. Ciecz chłodząca,



Rys. 179. Zasada działania zębatej pompy oleju
a — zawór redukcyjny otwarty, *b* — zawór zamknięty

to znaczy woda (ewentualnie z domieszką płynu zapobiegającego zamarzaniu wody) stanowi obieg zamknięty, to znaczy zmuszona jest do ciągłego krążenia w układzie chłodzącym. Ciecz opływa tuleje cylindrów i ich głowice i po nagrzaniu się kierowana jest do chłodnicy, gdzie chłodzi się i ponownie wraca do silnika. Stosowane są układy chłodzące o obiegu samoczynnym i o obiegu przymusowym.

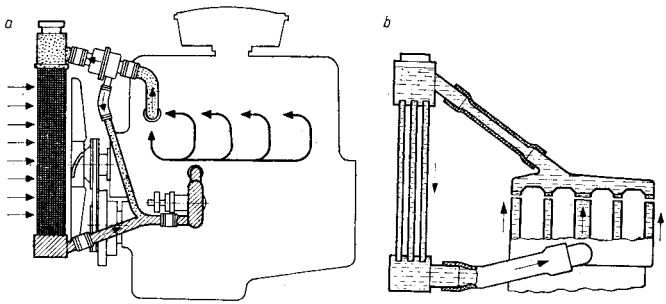
Na rysunku 180*b* pokazany jest układ o obiegu samoczynnym, w którym wykorzystane zostało zjawisko zmiany ciężaru właściwego wody pod wpływem zmian temperatury. Gorąca woda, jako lżejsza, unosi się do góry i w ten sposób odpływa w kierunku górnego zbiorniczka chłodnicy. Stopniowo stygnąca ciecz opada do dolnej części chłodnicy, skąd już ochłodzona dostaje się z powrotem do silnika. Na rysunku 180*a* przedstawiono układ o obiegu przymusowym, w którym zastosowana została specjalna pompa wywołująca przyspieszenie krążenia cieczy chłodzącej.

W celu spowodowania bardziej intensywnego chłodzenia cie-

czy, stosuje się w obu układach wentylatory wywołujące silny przepływ powietrza przez elementy stanowiące wymienniki ciepła w chłodnicy. Jest to szczególnie ważne w silnikach wyciągarkowych, które pracują zawsze podczas postoju wyciągarki, podczas gdy te same silniki zastosowane w pojazdach pracują w zasadzie podczas ruchu pojazdu, co tworzy lepsze warunki ich chłodzenia.

Niezbędnym wyposażeniem wyciągarki jest też wyposażenie elektryczne. Składają się na nie prądnica, akumulator będący źródłem energii dla rozruchu silnika, rozrusznik elektryczny, lampy sygnalizacyjne oraz niektóre przyrządy kontrolne lub sygnalizacyjne.

Prądnica o mocy 160÷200 W napędzana jest od silnika za pomocą paska klinowego, który jednocześnie napędza wentylator chłodnicy. Wytwarza ona prąd stały, zwykle o napięciu 12 V. Głównym zadaniem prądnicy jest doładowywanie akumulatora, przy którym stan naładowania określa się przez



Rys. 180. Układy chłodzenia silników

pomiar napięcia na jego biegunach. Ponieważ napięcie prądnicy zależy od prędkości obrotowej prądnicy, a więc maleje wraz z tą prędkością, przy małych prędkościach obrotowych silnika może okazać się, że napięcie będzie mniejsze od napięcia akumulatora. W takiej sytuacji powinien nastąpić przepływ prądu z akumulatora do prądnicy. Zapobiega temu specjalna skrzynka regulacyjna wbudowana pomiędzy prądnicą a akumulatorem.

W celu uruchomienia silnika konieczne jest wprawienie jego wału korbowego w ruch obrotowy przy jednoczesnym zapewnieniu dopływu mieszanki i działania zapłonu. Do tego celu stosuje się rozruszniki elektryczne zasilane energią elektryczną pobieraną z akumulatora. Są to silniki elektryczne prądu stałego wyposażone w samoczynne sprzęgło, które łączy je na czas rozruchu z uzębionym kołem zamachowym

silnika (patrz rys. 173). Podczas działania silnik rozrusznika pobiera z akumulatora dużą ilość prądu, co przy licznych startach i krótkich okresach pracy silnika prowadzi do stopniowego rozładowania akumulatora, pomimo doładowywania go przez prądnicę. Z tego względu akumulator wyciągarki wymaga okresowego, dość częstego doładowywania w warsztacie.

W przypadku niesprawności akumulatora istnieje zwykle możliwość uruchamiania silnika ręcznie za pomocą korby przystawianej do uchwytu znajdującego się na przedniej stronie wału korbowego. Jest to jednak czynność wymagająca znacznego wysiłku ze względu na duże moce silników wyciągarkowych.

Do kontrolowania prawidłowości pracy silnika stosuje się w wyciągarkach termometry cieczy chłodzącej, manometry wskazujące ciśnienie oleju oraz amperomierze-woltomierze lub lampki kontrolne ładowania prądnicy. Ponadto wyciągarki wyposażone są w obrotomierze i paliwomierze.

Termometr cieczy umieszczany jest w górnej części układu chłodzącego i w ten sposób informuje on o warunkach cieplnych silnika. Jest to przyrząd szczególnie ważny, gdyż do zapewnienia bezpiecznego startu szybowca konieczne jest utrzymanie silnika w granicach przewidzianych dla niego temperatur (zwykle od 60 do 95°C).

Manometr oleju wskazuje ciśnienie wytwarzane przez pompę oleju. Ciśnienie oleju, regulowane przez ustawiony fabrycznie zawór redukcyjny, uzależnione jest od prędkości obrotowej silnika, temperatury oraz gatunku oleju. Wraz ze wzrostem temperatury olej staje się rzadszy i traci częściowo własności smarne.

W przypadku stwierdzenia spadku ciśnienia oleju poniżej stanu dopuszczalnego, konieczne jest przerwanie lotów i oddanie silnika do przeglądu. Przyczyną spadku ciśnienia może być nieszczelność zaworu redukcyjnego (zanieczyszczenia między kulką i gniazdem), niewłaściwy gatunek oleju (zbyt rzadki po nagrzaniu się) lub brak oleju w obiegu. Nie można też pominąć możliwości uszkodzenia się wskaźnika manometru.

Amperomierz lub lampka kontrolna służą do obserwowania pracy prądnicy i skrzynki regulacyjnej. Świecenie lampki sygnalizacyjnej wskazuje, że prądnica nie ładuje akumulatora, co zdarza się przy małej prędkości obrotowej silnika. Z chwilą osiągnięcia przez silnik określonej prędkości obrotowej lampka powinna zgasnąć. Ładowanie akumulatora wskazywane jest na amperomierzu przez wychylenie wskazówki w kierunku ładowania. Za pomocą woltomierza, który bywa nieraz zespolony w jednym przyrządzie z amperomie-

rzem (dla odczytu napięcia należy wcisnąć przycisk) sprawdzane jest napięcie, po którego wartości można rozpoznać stopień naładowania akumulatora. 2 2 1

Obrotomierz wyciągarkowy wskazuje prędkość obrotową bębna liny, a więc jest przyrządem ułatwiającym wykonywanie ciągów, zwłaszcza gdy obsługujący wyciągarkę nie dysponuje większym doświadczeniem.

Paliwomierz służy do kontroli przebiegu zużycia paliwa, co jest szczególnie ważne ze względu na bezpieczeństwo startującego szybowca. Niespodziewane przerwanie pracy przez silnik z powodu braku paliwa może podczas startu szybowca, zwłaszcza w jego początkowych fazach, spowodować poważny w skutkach wypadek. Należy zawsze mieć na uwadze, że wskazania paliwomierzy nie są zbyt dokładne i nie można z uzupełnieniem paliwa czekać do ostatniej chwili.

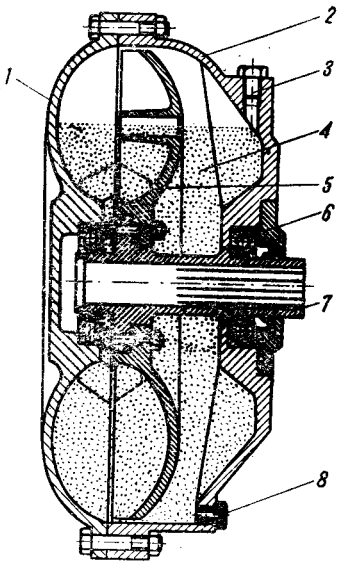
Do płynnego, pozbawionego szarpnięć przeniesienia ruchu obrotowego z silnika na bęben wyciągarki służy sprzęgło. Jest to urządzenie związane konstrukcyjnie z silnikiem i razem z nim jest dostarczane. Wynika z tego, że jest to, tak jak i silnik, sprzęgło typu samochodowego. Spotykane sprzęgła można podzielić na cierne i hydrokinetyczne. Dość powszechnie używane jest jednotarczowe sprzęgło cierne pracujące na sucho, w którym do przeniesienia ruchu obrotowego wykorzystywane są opory tarcia pomiędzy obracającą się wraz z silnikiem tarczą napędzającą a przejmującą ruch obrotowy tarczą napędzaną. Do zwiększenia tarcia stosuje się w obrotowych elementach sprzęgła specjalne okładziny cierne. Tarcza napędzająca i napędzana dociskane są do siebie przez zespół silnych sprężyn, a rozłączanie połączenia, czyli tzw. wysprzęglanie, polega na uruchomieniu specjalnej dźwigni (ręką lub — jak w samochodzie — nogą), która powoduje ściśnięcie sprężyn i oddzielenie się obu tarcz. W celu zapewnienia płynnego zasprzęglania konieczne jest umiejętne, płynne odpuszczanie dźwigni sprzęgła, co wymaga od obsługującego odpowiedniego doświadczenia.

Do charakterystycznych usterek sprzęgła należy zjawisko poślizgu oraz szarpanie. Pierwsze może być wywołane zużyciem okładzin ciernych, zaoliwieniem ich powierzchni lub spadkiem napięcia sprężyn, drugie natomiast ma swoje źródło w nieodpowiedniej regulacji sprężyn lub niezupełnym wysprzęglaniu.

W niektórych nowoczesnych typach wyciągarek stosowane są sprzęgła hydrokinetyczne, które w porównaniu ze sprzęgłami ciernymi dają liczne korzyści istotne dla warunków, w jakich pracują wyciągarki. Główną ich zaletą jest płynne, a więc eliminujące szarpnięcia, samoczynne zesprzęglanie (bez udziału osoby obsługującej wyciągarkę). Proces za-

2 sprzęglania odbywa się tu stopniowo w miarę zwiększania
2 się prędkości obrotowej silnika.
2 Sprzęgło hydrokinetyczne składa się z dwóch wirników, z których jeden (napędzający) połączony jest z wałem silnika, drugi natomiast (napędzany) połączony jest z wałem przenoszącym napęd na bęben startowy. Obydwa wirniki umieszczone są współosiowo, bardzo blisko siebie, w szczelnej obudowie wypełnionej odpowiednim gatunkiem oleju. Z chwilą uruchomienia silnika, gdy jego obroty są nieznaczne, obraca się tylko wirnik połączony z wałem silnika. Ustawione promieniowo łopatki wirnika wprawiają w ruch olej wypełniający wnętrze obudowy sprzęgła. Kąty łopatek tak są dobrane, że olej odrzucany jest na łopatki drugiego wirnika. Gdy prędkość obrotowa wału korbowego odpowiednio zwiększa się, energia znajdującego się w ruchu oleju zwiększa się i olej uruchamia stopniowo wirnik napędzany (rys. 181).

Warunkiem poprawnej pracy sprzęgła hydrokinetycznego jest stosowanie odpowiedniego gatunku oleju i przestrzeganie, aby znajdował się on w sprzęgle w odpowiedniej ilości.



Rys. 181. Schemat sprzęgła hydrokinetycznego

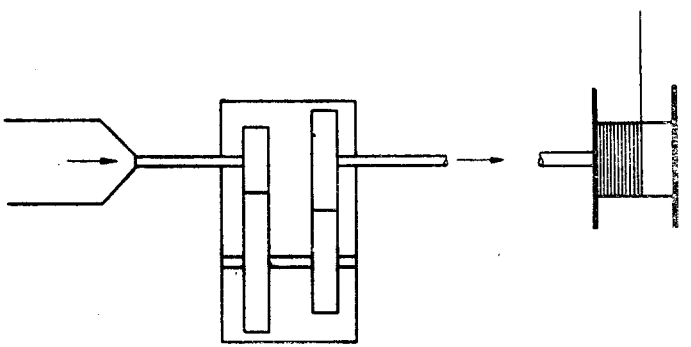
1 — wirnik napędzający, *2* — szczelna obudowa sprzęgła, *3* — otwór wlewowy oleju, *4* — olej, *5* — twornik napędzany, *6* — łożysko toczne wału, *7* — wał, *8* — bezpiecznik topikowy

Podczas pracy sprzęgła wydzielają się znaczne ilości ciepła, powodujące spadek lepkości oleju, co przy stosowaniu nieodpowiedniego oleju może mieć wpływ na zmianę charakterystyki sprzęgła i może być powodem jego wadliwego działania.

Moc silnika spalinowego zwiększa się ze zwiększaniem prędkości obrotowej wału korbowego, w związku z czym do ruszenia szybowca z miejsca, przyspieszenia go i oderwania od ziemi konieczne jest odpowiednie zwiększenie prędkości obrotowej silnika. W tej fazie startu zapotrzebowanie na moc jest największe. Jednocześnie w chwili rozpoczęcia startu prędkość szybowca jest jeszcze mała. Wymaga to zastosowania odpowiednio dobranej skrzynki przekładniowej, redukującej prędkość obrotową bębna w stosunku do prędkości obrotowej silnika. Skrzynki przekładniowe dobiera się spośród dostępnych na rynku skrzynek samochodowych bądź też konstruuje się je specjalnie. Start szybowca odbywa się zawsze przy jednym przełożeniu (inaczej na jednym biegu), istnieje więc możliwość dobrania jednego lub dwóch przełożeń najbardziej korzystnych dla startu szybowca i stosowanych odpowiednio, zależnie od własności lotnych i ciężaru szybowca oraz od prędkości wiatru. Odpowiednie informacje na ten temat zawarte są zawsze w instrukcji użytkowania wyciągarki. 2 2 3

Najprostszy układ redukcyjnej skrzynki przekładniowej pokazany jest schematycznie na rysunku 182. Skrzynka składa się z dwóch kół zębatych, z których mniejsze obraca się z prędkością wału korbowego silnika, większe natomiast, obracając się z odpowiednio mniejszą prędkością obraca poprzez koła pośrednie wał bębna startowego.

Obok podstawowych skrzynek przekładniowych stosowane są w niektórych typach wyciągarek, a zwłaszcza przy układzie podłużnym (porównaj rys. 172*a*) dodatkowe skrzynki przekładniowe, które zmieniają kierunek przenoszenia ruchu obrotowego. W przypadku wyciągarki „Herkules II", która pozbawiona jest podstawowej skrzynki przekładniowej, zastosowana została właśnie skrzynka zmieniająca kierunek przenoszenia napędu o 90°, a jednocześnie dająca odpowied-



Rys. 182. Schemat prostej redukcyjnej skrzynki przekładniowej

nie przełożenie pomiędzy obrotami wału silnika i obrotami bębna startowego.

W samobieżnej wyciągarce „Tur", obok podstawowej skrzynki przekładniowej, zastosowana jest dodatkowo skrzynka napędów rozdzielająca napęd od silnika na bęben startowy lub na koła pojazdu (patrz rys. 189).

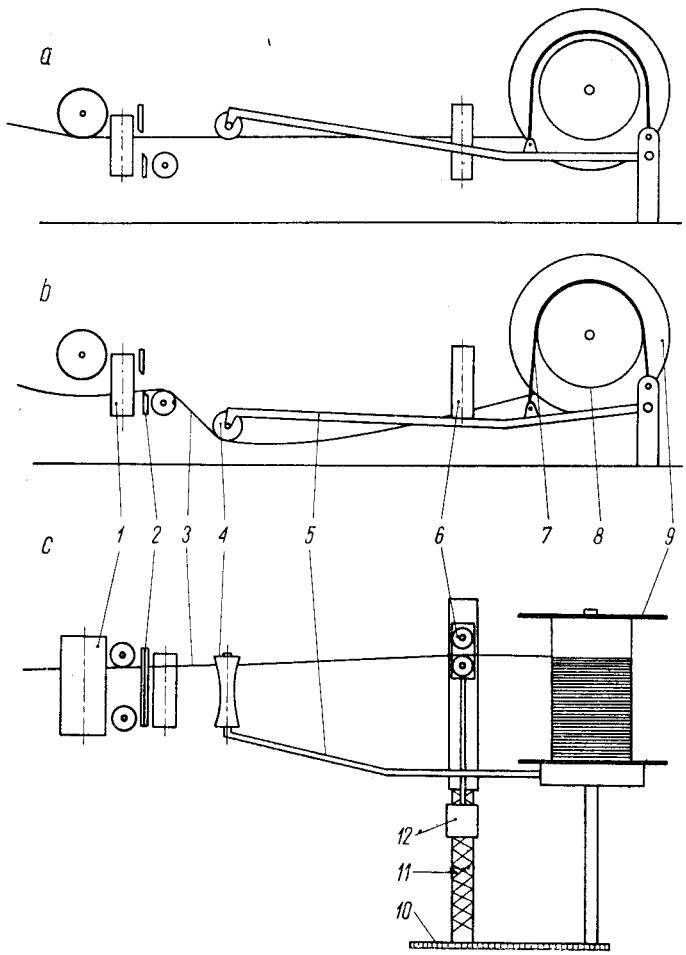
Wyposażenie ciągowe wyciągarki składa się z bębna (lub bębnów) startowego, mechanizmu układacza liny, nożyc do cięcia liny i hamulca bębna. Bęben startowy połączony jest ze skrzynką przekładniową za pomocą wału (rys. 172). Bęben wykonany jest z blachy stalowej grubości 4÷6 mm i ma kształt dużej szpuli. Ze względu na to, że podczas pracy rozwija on znaczną prędkość obrotową, praktykuje się wyważanie go w celu wyeliminowania drgań. Bęben umieszczony jest zwykle w metalowej obudowie osłoniętej prętami lub siatką, w celu chronienia obsługi w przypadku zerwania się liny podczas pracy bębna.

Równomierne układanie liny na walcu bębna zapewnione jest przez specjalne urządzenie zwane układaczem liny (rys. 183). Składa się ono z ruchomej ramki wyposażonej w dwa pionowo łożyskowane wałki. Ramka, wraz z wałkami, ma możność wykonywania ruchu posuwisto-zwrotnego wzdłuż prowadnic biegnących przez całą szerokość bębna. Wewnątrz ramki, między pionowymi wałkami, prowadzona jest lina startowa, tak że podczas pracy mechanizmu jest ona układana na bębnie zwój przy zwoju.

Posuwisto-zwrotny ruch ramki wywołany jest tym, że suwak, do którego przymocowana jest ramka, osadzony jest na wale napędowym. Wał ma nacięte gwinty prostokątne prawy i lewy, które wzajemnie krzyżują się. Wał obracany jest przez przekładnię (koła zębate i łańcuch) od wału bębna i tak ma dobrany posuw, aby lina mogła układać się zwój przy zwoju. W połączeniach suwaka z wałem zastosowany jest element z wycięciem w kształcie półksiężyca. Wycięcie to ślizga się w rowku gwintu i pociąga za sobą cały suwak. Przy dojściu do końca wału element z półksiężycem przestawia się na skok powrotny i pociąga ze sobą suwak, ślizgając się po drugim, przeciwbieżnym gwincie (jest to tzw. gwint bez końca). Ze względu na ciężkie warunki pracy (duże obciążenia) układ suwliwy układacza wymaga bardzo częstego usuwania zanieczyszczeń i odnawiania smaru. Mimo tych zabiegów element z półksiężycem należy zaliczyć do najszybciej zużywających się elementów wyciągarki.

W celu umożliwienia rozwinięcia liny startowej bęben należy wysprzęglić. Jeżeli podczas rozwijania liny wystąpi gwałtowny zanik ruchu liny, to bęben, mając znaczną bezwładność i dobre łożyskowanie, będzie się obracał w dalszym

ciągu, powodując luzowanie się zwojów nawiniętej na nim liny i plątanie się ich wewnątrz obudowy bębna. W celu niedopuszczenia do występowania tego zjawiska bęben wyposaża się w działający samoczynnie hamulec opadowy (rys. 183). Hamulec ma postać taśmy ciernej opasującej powierzchnię hamulcową na bębnie. Taśma hamulcowa umocowana jest z jednej strony do podstawy wyciągarki, z drugiej na-

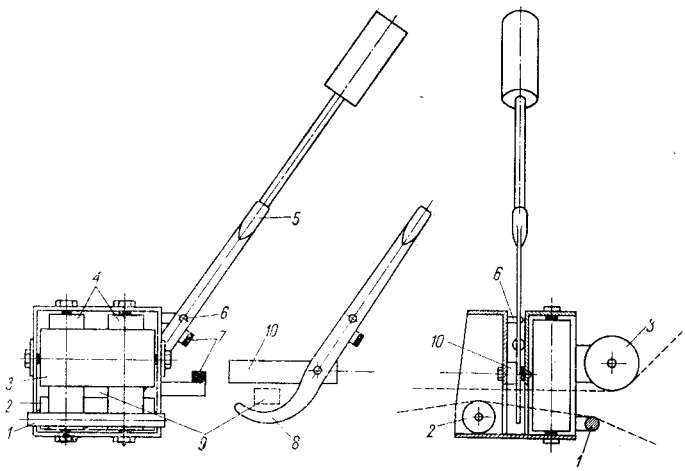


Rys. 183. Urządzenie ciągowe wyciągarki

a — podczas ciągu lub rozwijania liny (bęben odhamowany), *b* — linka zwisa luźno, bęben zahamowany, *c* — widok z góry *1* — zespół wałków, *2* — nożyce liny, *3* — lina, *4* — wałek wklęsły hamulca opadowego, *5* — ramię sterujące hamulca opadowego, *6* — wałki układacza liny, *7* — taśma cierna hamulca opadowego, *8* — bęben hamulcowy, *9* — bęben liny, *10* — łańcuchowy napęd (od bębna) układacza liny, *11* — wałek układacza z gwintem bez końca, *12* — suwak układacza napędzający wałki układacza liny

tomiast połączona jest z ruchomym ramieniem obciążonym wklęsłym wałkiem, który toczy się po linie startowej. Gdy lina startowa jest naprężona, unosi wałek wraz z dźwignią i bęben zostaje odhamowany. Z chwilą ustania ciągu liny dźwignia z wałkiem opada, powodując zahamowanie bębna. To proste na pozór urządzenie wymaga jednak podczas użytkowania umiejętnej obsługi i starannej regulacji.

W miejscu, w którym lina startowa wychodzi z wyciągarki, umieszczany jest zespół wałków służących do prowadzenia liny podczas startu szybowca (rys. 183 oraz 184). W celu zmniejszenia tarcia wałki osadzone są na łożyskach tocznych. Zespół wałków tworzy prześwit (rys. 184, 9), przez który przechodzi lina startowa. Współśrodkowo z tym prześwitem usytuowane są nożyce awaryjne, służące do odci-



Rys. 184. Zespół wałków i nożyc awaryjnych liny

1 — pręt podtrzymujący zluzowaną linę, *2* — wałek poziomy dolny, *3* — wałek poziomy przedni górny, *4* — wałki pionowe, *5* — dźwignia napędowa nożyc liny, *6* — sworzeń blokujący dźwignię, *7* — zderzaki dźwigni nożyc, *8* — nóż dźwigniowy, *9* — prześwit dla liny startowej, *10* — nóż nieruchomy

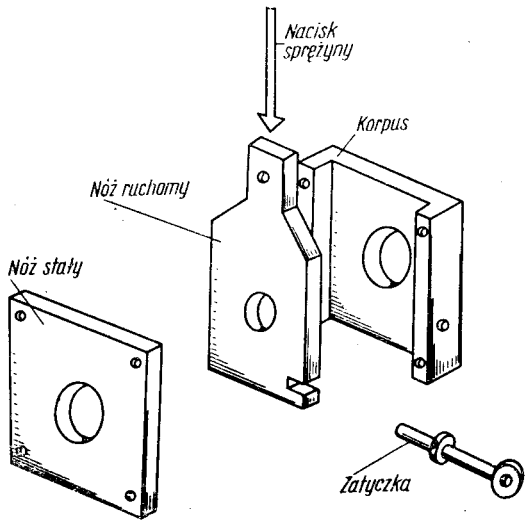
nania liny w sytuacjach niebezpiecznych, gdy np. szybowiec nie odczepił liny i wykonując z nią zakręt lub lecąc do przodu przelatuje nad wyciągarką.

Pokazane na rysunku 184 nożyce stanowią urządzenie typu opadowego, w którym energia, potrzebna do odcięcia liny, uzyskiwana jest przez opadanie dźwigni obciążonej dodatkowo ciężarkiem. Nożyce składają się z pary noży, z których jeden zabudowany jest nieruchomo w pozycji poziomej, drugi natomiast umocowany jest na krótszym ramieniu dźwigni opadowej. W pozycji normalnej, to znaczy przygo-

towanej do pracy, nożyce są zablokowane za pomocą sworznia uruchamianego cięgłem z kabiny mechanika. Zarówno uchwyt cięgła, jak i ciężarek zakładany na końcu dźwigni, pomalowane są na kolor czerwony.

Obok nożyc opadowych stosowane są także nożyce sprężynowe, których zasada działania wyjaśniona jest na rysunku 185. Tego rodzaju nożyce składają się z korpusu, do którego przykręcony jest nóż stały wykonany w kształcie otworu w płaskiej płytce, oraz z mogącego przesuwać się w korpusie noża ruchomego, popędzanego silną spiralną sprężyną. Otwory w obu nożach ustawione są współosiowo, tworząc oczko przepustowe dla liny startowej. Nóż ruchomy, naciskany z góry sprężyną, zablokowany jest sworzniem tkwiącym w korpusie i połączonym cięgłem z uchwytem w kabinie mechanika.

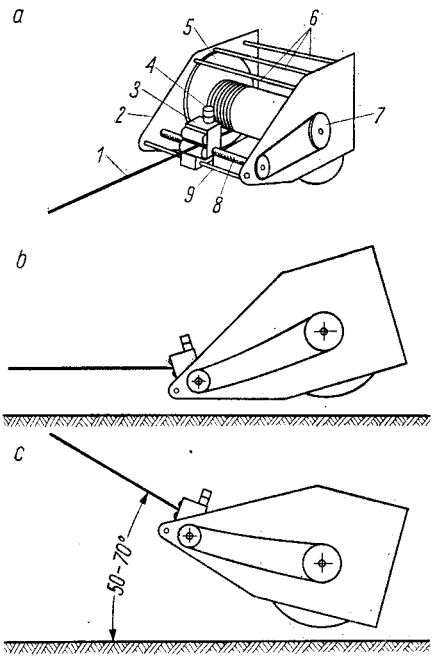
W czasie gdy wyciągarka nie jest używana, sprężyna noża jest rozprężana, aby nie ulegała osłabieniu. Przed rozpoczęciem lotów mechanik, podczas wykonywania prac przygotowawczych, napina sprężynę przez dokręcenie osadzonej na



Rys. 185. Sprężynowe nożyce awaryjne liny wyciągarkowej

gwincie cylindrycznej obudowy, która ściska sprężynę. W sytuacji awaryjnej, z chwilą wysunięcia sworznia, ruchomy nóż pod naciskiem napiętej sprężyny z dużą energią zwalnia się, odcinając linę. W stosunku do nożyc opadowych nożyce sprężynowe mają tę przewagę, że zdolne są do pracy w każdym położeniu, podczas gdy w przypadku nożyc opado-

wych konieczne jest ustawienie ich w płaszczyźnie pionowej. Urządzenie ciągowe, przedstawione na rysunku 183, stosowane jest w starszych typach wyciągarek. Niedogodnością tego urządzenia jest to, że podczas ciągu szybowca silnie naprężona lina startowa przeginana jest na pierwszym wałku poziomym, co przyczynia się do jej dość szybkiego zużycia. W celu wyeliminowania tego zjawiska zaprojektowane zostały urządzenia ciągowe pracujące uchylnie; zespół wałków prowadzących linę i układających ją na bębnie oraz nożyce, umieszczone są na obudowie ułożyskowanej wspólnie z bębnem startowym. Obudowa taka ma możność wychylania się do góry w miarę wzrastania kąta między liną startową a poziomem (rys. 186). Dzięki temu rozwiązaniu lina startowa, w miarę wznoszenia się szybowca, unosi całą



Rys. 186. Uchylnie zabudowane urządzenie ciągowe eliminujące ostre zaginanie liny podczas startu szybowca

a — ogólny widok lawety, *b* — położenie przed startem, *c* — położenie przed odczepieniem szybowca
1 — lina startowa, *2* — boczna ściana lawety uchylnej, *3* — korpus wałków układacza liny, *4* — korpus nożyc sprężynowych, *5* — bęben startowy, *6* — drążki osłaniające bęben, *7* — napęd wałka układacza liny, *8* — wałek układacza liny, *9* — prowadnica układacza liny

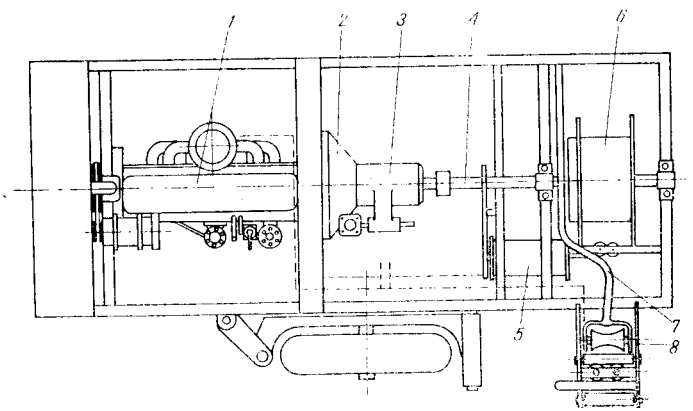
obudowę eliminując zjawisko silnego przeginania się na wałku. Dla uproszczenia konstrukcji zespół wałków prowadzących pełni tu jednocześnie rolę układacza liny. W tym celu zespół ten umieszczony jest bezpośrednio na wałku wyposażonym w krzyżowy gwint prostokątny i napędzanym transmisją łańcuchową od wału bębna startowego. Przy zespole wałków zabudowane są też nożyce sprężynowe.

Hamulec bębna sterowany jest tu także na zasadzie opadowej. Gdy lina startowa jest całkowicie zwolniona, obudowa bębna przyjmuje wtedy najniższe położenie i swym ciężarem uruchamia hamulec. Z chwilą naprężenia liny podczas jej wyciągania lub podczas startu, obudowa unosi się nieco, zwalniając nacisk na hamulec.

2/I

WYCIĄGARKI STOSOWANE W KRAJU

Pierwszą krajową wyciągarką budowaną seryjnie jest wyciągarka „Żubr" (rys. 187). Ma ona kształt dwukołowej przyczepy i wyposażona jest w sześciocylindrowy silnik samochodowy S42 chłodzony cieczą o mocy 85 KM. Silnik pracuje z oryginalnym jednotarczowym suchym sprzęgłem i skrzynią przekładniową. Wyciągarka ma układ poprzeczny, to znaczy kierunek ciągu jest prostopadły do osi podłużnej silnika. Wyposażona jest w jeden bęben startowy, umożliwiający nawinięcie około 1200 m liny stalowej o średnicy 4,5÷5,0 mm. Przed bębnem umieszczony jest wysięgnik, na którym za-



Rys. 187. Schemat wyciągarki „Żubr"

1 — silnik, *2* — sprzęgło, *3* — skrzynka przekładniowa, *4* — wał przegubowy, *5* — mechanizm układacza liny, *6* — bęben startowy, *7* — dźwignia hamulca opadowego, *8* — zespół wałków liny i nożyce

budowany jest zespół wałków prowadzących linę oraz nożyce opadowe. Między wysięgnikiem i bębnem umieszczony jest na wahadłowym ramieniu wklęsły wałek hamulca opadowego bębna.

Sprzęgło sterowane jest w wyciągarce „Żubr" ręcznie, za pomocą dźwigni umieszczonej z lewej strony w kabinie. Sterowanie przepustnicą gaźnika wykonywane jest prawą ręką za pomocą krótkiej dźwigienki wystającej po prawej stronie z pulpitu. Na pulpicie znajdują się ponadto przyrządy kontrolne pracy silnika i pozostałe urządzenia obsługowe.

W pozycji gotowej do wykonania ciągu wyciągarka „Żubr" jest ustawiana na czterech łapach przymocowanych do jej ramy. Do sygnalizacji służą dwa reflektory, jeden z filtrem zielonym, drugi z filtrem czerwonym. Odpowiednie przyciski do zapalania reflektorów umieszczone są na pulpicie przed mechanikiem.

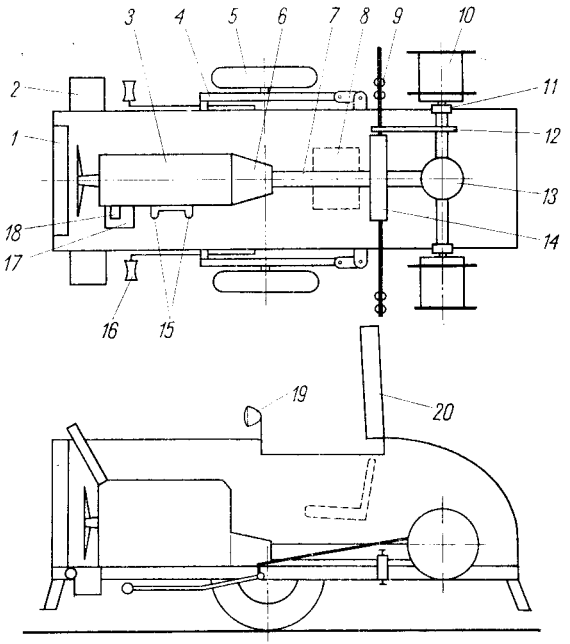
Silnik S42, adaptowany z samochodu ciężarowego „Star", zapewnia jedynie poprawność startów szybowców lżejszych, to znaczy jednomiejscowych. Starty szybowców cięższych zależą w znacznym stopniu od panujących warunków atmosferycznych; w warunkach bezwietrznych startów nie wykonuje się.

Znacznie większą mocą dysponuje stosowana przez wiele już lat wyciągarka czechosłowacka „Herkules II" (rys. 188). Jest to dwubębnowa wyciągarka o układzie podłużnym, wyposażona w sześciocylindrowy, chłodzony cieczą silnik benzynowy „Praga AE" o mocy 150 KM. Silnik współpracuje z hydrokinetycznym sprzęgłem (patrz rys. 181). Silnik ma zapłon iskrownikowy. Układ napędowy bębnów startowych pozbawiony jest typowej dla samochodów skrzynki przekładniowej, jedynie w przekładni kątowej, rozdzielającej napęd na bębny, zastosowane jest stałe przełożenie redukujące obroty bębnów.

Bębny wykonane są z grubej blachy stalowej, a każdy z nich może pomieścić do 1150 m liny stalowej o średnicy 4,5 mm. Bębny osadzone są wolnobieżnie na wale za pomocą łożysk tocznych, a na ich piastach, od strony wewnętrznej, znajdują się kłowe zazębienia, służące do zasprzęglenia z napędem dowolnie — lewego lub prawego bębna.

Podczas pracy wyciągarki „na luzie", to znaczy z wyłączonymi bębnami, ma miejsce obracanie się wałka bębnów, toteż zasprzęglanie dowolnego bębna może się odbywać tylko przy wyłączonym silniku. Służy do tego celu ręczna dźwignia, za pomocą której przesuwa się odpowiednie sprzęgło kłowe do prawego lub lewego bębna. Układacze lin pracują na omawianej już poprzednio zasadzie i mają wspólny napęd dla lewego i prawego bębna. Obydwa bębny mają od-

dzielne hamulce opadowe oraz oddzielne nożyce opadowe, działające na znanej już z poprzednich opisów zasadzie. Instalacja elektryczna wyciągarki składa się z zabudowanej przy silniku prądnicy o mocy 300 W, ładującej akumulator o napięciu 12 V, oraz z odbiorników energii w postaci rozrusznika silnika, reflektorów sygnalizacyjnych i lampki kontrolnej pracy układacza liny.



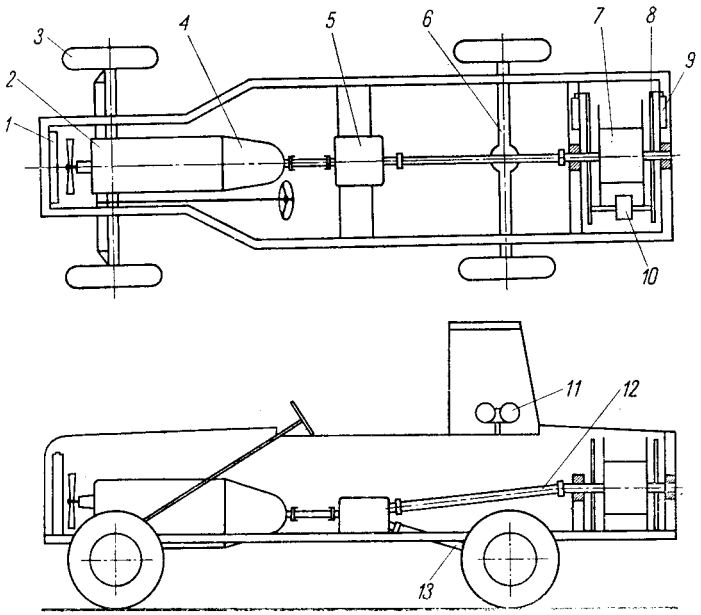
Rys. 188. Schemat wciągarki „Herkules II"
1 — chłodnica, *2* — zespół wałków i nożyce, *3* — silnik, *4* — wahacz koła, *5* — koło, *6* — sprzęgło, *7* — wał, *8* — fotel obsługującego, *9* — wałki układacza liny, *10* — prawy bęben startowy, *11* — sprzęgło kłowego prawego bębna, *12* — napęd łańcuchowy układacza liny, *13* — przekładnia kątowa, *14* — mechanizm napędowy układacza liny, *15* — gaźniki, *16* — ramię hamulca, *17* — prądnica, *18* — iskrownik, *19* — reflektory sygnalizacyjne, *20* — podnoszona zasłona kabiny

W pozycji roboczej wyciągarka „Herkules II" ustawiana jest na czterech łapach, a koła jej są podnoszone w celu umożliwienia prowadzenia lin startowych od bębnów do wałków prowadzących liny.

Znaczny nadmiar mocy silnika pozwala na poprawne starty ciężkich szybowców dwumiejscowych przy najmniej korzystnych warunkach pogodowych. Idea zastosowania w wyciągarce dwóch bębnów miała polegać na możliwości jedno-

2 czesnego rozwijania startów. W praktyce okazało się to jed-
3 nak kłopotliwe, głównie wskutek możliwości spadania liny
2 odczepianej od szybowca na linę drugą, przygotowaną do wykonania startu. W związku z wysuwanymi tu zastrzeżeniami przyjęto traktować jeden z bębnów jako rezerwowy, na przykład w razie zerwania liny lub zużycia się jednej z lin.

Wyraźny dalszy postęp w konstrukcjach wyciągarek wykazuje krajowa wyciągarka „Tur". Jest to czterokołowa wyciągarka samojezdna z jednym bębnem liny zabudowanym w układzie poprzecznym (rys. 189). Przy konstruowaniu wyciągarki wykorzystano zespoły samochodu „Warszawa". Przedni most pojazdu sterowany jest samochodowym ukła-



Rys. 189. Schemat wyciągarki samojezdnej „Tur"
1 — chłodnica, *2* — silnik, *3* — przednie koło (sterowane), *4* — zespół sprzęgła i skrzynki przekładniowej, *5* — skrzynka napędów, *6* — tylny most z mechanizmem różnicowym, *7* — bęben startowy, *8* — uchylna laweta bębna startowego, *8* — amortyzator lawety, *10* — układacz liny z nożycami, *11* — reflektory sygnalizacyjne, *12* — wał pędny bębna, *13* — wał pędny kół

dem kierowniczym, tylny natomiast przenosi napęd na koła jezdne. Dzięki takiemu rozwiązaniu wyciągarka stanowi jednostkę samodzielną, mogącą poruszać się dowolnie po lotnisku.

W wyciągarce „Tur" zastosowany został sześciocylindrowy chłodzony cieczą silnik S47 produkcji krajowej, o mocy

105 KM wraz z typowym sprzęgłem i skrzynką przekładniową. Oprócz normalnej, samochodowej skrzynki przekładniowej, umożliwiającej jazdę na I, II oraz III biegu oraz na biegu wstecznym, układ napędowy wyposażony jest w dodatkową skrzynkę rozdzielczą, umożliwiającą przełączanie napędu na bęben startowy lub na koła pojazdu. 2 3 3

Bęben startowy spawany z blachy stalowej pozwala na nawinięcie 1500 m liny stalowej o średnicy 4,2 mm. Obudowa bębna, z zabudowanym na niej zespołem wałków prowadzących i jednocześnie układających linę oraz nożycami sprężynowymi, zawieszona jest uchylnie (porównaj rys. 186), a przed występowaniem drgań podczas pracy chroniona jest amortyzatorami hydraulicznymi. Hydrauliczny hamulec bębna uruchamiany jest w chwili, gdy obudowa opuszcza się do najniższego położenia.

W wyciągarce znajdują się trzy siedzenia, z których dwa przednie ustawione są, jak w samochodzie, w kierunku jazdy, trzecie natomiast ustawione jest poprzecznie i służy podczas wykonywania startów. Samochodowa część wyciągarki wyposażona jest normalnie w nożne sterowanie przepustnicą i sprzęgłem. W kabinie przeznaczonej do obsługiwania wyciągarki to samo sprzęgło obsługiwane jest za pomocą ręcznej dźwigni umieszczonej po lewej stronie fotela. Z prawej strony znajduje się dźwignia ręcznego sterowania przepustnicy i uchwyt do zwalniania nożyc awaryjnych. Dzięki zwartej konstrukcji wyciągarki mechanik ma ze swego miejsca dostęp do dźwigni skrzynki przekładniowej silnika.

Instalacja elektryczna wyciągarki „Tur" składa się z prądnicy, akumulatora, rozrusznika silnika, reflektorów samochodowych do jazdy i dwóch reflektorów sygnalizacyjnych (zielony i czerwony).

W przeciwieństwie do wyciągarek o układzie dwukołowym, które ustawiane są do pracy na opuszczanych łapach, wyciągarka „Tur" podczas ciągu szybowca spoczywa na kołach. Przednia para kół pozbawiona jest hamulców, tylna natomiast wyposażona jest w hamulce hydrauliczne sterowane nożnie, przeznaczone do jazdy, oraz w hamulce mechaniczne zaciskane za pomocą ręcznej dźwigni, stosowane podczas wykonywania ciągów.

Na pulpicie przed mechanikiem znajdują się:

— włącznik zapłonu silnika,
— przyciskowy włącznik rozrusznika,
— wskaźnik ciśnienia oleju,
— wskaźnik temperatury cieczy chłodzącej,
— amperomierz,
— paliwomierz,
— prędkościomierz liny nawijanej na bęben,

2 — przyciski do włączania reflektorów sygnalizacyjnych,
3 — zegar czasowy.
4 Ponadto w kabinie znajduje się cięgło służące do ręcznego hamowania bębna liny oraz pedał, za pomocą którego można zwolnić hamulec hydrauliczny pomimo opuszczenia obudowy bębna do najniższego położenia.

3/I

PRZYGOTOWANIE WYCIĄGARKI DO PRACY

Okres przydatności wyciągarki do pracy określany jest zwykle przez jej wytwórcę i podawany jako liczba ciągów szybowca. Dla użytkowanych obecnie wyciągarek liczba ta wynosi od 15 000 do 25 000 startów, co jest wartością znaczną, skoro się zważy, że dzienna średnia „przepustowość" wyciągarki wymiarowana jest przede wszystkim godzinami pracy silnika, który pracuje tu w zupełnie odmiennych warunkach niż w normalnym pojeździe mechanicznym. Można bowiem przyjąć, że na każde 2 minuty pracy silnika przypada jeden rozruch oraz około 30 sekund pracy na pełnej prawie mocy. Jednocześnie zużywają się też bardziej wrażliwe podzespoły i części urządzenia ciągowego. Niektóre z nich wymagają wymiany podczas użytkowania wyciągarki; należą do nich na przykład wałki prowadzące linę startową, części układacza, jak też sama lina startowa, której trwałość wynosi od 1000 do 3000 startów. Na ogół trwałość poszczególnych elementów i zespołów zależy od jakości obsługi i prawidłowości użytkowania wyciągarki. Na przykład w przypadku liny duże znaczenie ma stosowanie spadochronika łagodzącego upadek liny, częste konserwowanie liny (przeciąganie przez szmatę zmoczoną naftą), niedopuszczanie do tworzenia się na ziemi zwojów i splątań (usuwanie ich przed rozpoczęciem ściągania liny). Znaczny wpływ ma na trwałość liny typ wyciągarki, to znaczy sposób prowadzenia jej przez system wałków. Charakterystycznymi objawami niestarannej obsługi wyciągarki i przyspieszonego zużycia liny są wyżłobienia widoczne na powierzchniach roboczych wałków, świadczące o zanieczyszczeniu piaskiem i zdeformowaniu łożysk.

W szczególnie ciężkich warunkach pracują elementy układacza liny, w związku z czym ich powierzchnie trące wymagają codziennego starannego czyszczenia i pokrywania nowym smarem.

Podczas użytkowania wyciągarki konieczne jest systematyczne wykonywanie przy niej prac okresowych, które umożli-

wiają wczesne wykrywanie i usuwanie usterek, zapewniają odpowiednią konserwację mechanizmów i zachowanie przez długi czas pełnej sprawności technicznej. Prace obsługowe przy wyciągarkach dzielą się na: 2 3 5

— dzienne przeglądy przedlotowe,
— dzienne przeglądy przedstartowe,
— dzienne przeglądy po lotach,
— czynności okresowe przy zespole silnikowym (po przepracowaniu ustalonej liczby godzin),
— czynności okresowe przy urządzeniu ciągowym (po wykonaniu ustalonej liczby ciągów szybowców).

Celem dziennego przeglądu przedlotowego jest sprawdzenie, czy wyciągarka będzie mogła być użyta w danym dniu do wykonywania ciągów. W tym celu, po przejrzeniu dokumentacji (terminy prac okresowych, dopuszczenie do pracy itp.), sprawdza się stan ogólnego przygotowania wyciągarki pod względem technicznym. Składa się na to sprawdzenie czystości elementów, stanu konserwacji części trących i obrotowych, swobody obracania się wałków oraz bębna liny, sprawdzenie luzów w układach sterujących części przesuwne (głównie sprzęgła kłowe) oraz stanu instalacji uruchamiającej nożyce awaryjne.

W układzie napędowym wymagane jest sprawdzenie poziomu oleju w silniku (ew. w odpowiednich skrzynkach przekładniowych), poziomu cieczy chłodzącej silnik oraz ilości paliwa w zbiorniku. W układzie elektrycznym sprawdza się stan naładowania akumulatora, sprawność świateł sygnalizacyjnych i rozruch silnika. Ostatnią czynnością jest sprawdzenie ciśnienia powietrza w ogumieniu kół wyciągarki.

Łącznie z rozruchem silnika wykonywana jest próba jego pracy, poprzedzona stopniowym grzaniem silnika do odpowiedniej temperatury cieczy chłodzącej lub temperatury głowic (gdy silnik jest chłodzony powietrzem).

Bezpośrednio przed rozpoczęciem ciągów, a więc już na ustalonym miejscu pracy na lotnisku, dokonywany jest krótki przegląd przedstartowy, którego zakres zależy od typu wyciągarki. Na ogół polega on na sprawdzeniu prawidłowości i pewności ustawienia wyciągarki, unieruchomieniu jej na sprawdzeniu łączności wzrokowej ze startem szybowcowym oraz na wykonaniu kilku czynności technicznych. Należy do nich przygotowanie nożyc awaryjnych do pracy, a więc założenie ciężarka przy nożycach opadowych lub napięcie sprężyny przy nożycach sprężynowych, założenie odpowiedniego bezpiecznika zrywowego na końcu liny (jeśli starty odbywają się bez udziału ściągarki).

Do obowiązków mechanika należy też sprawdzenie, czy przy

wyciągarce znajduje się rakietnica sygnalizacyjna i zapas rakiet sygnalizacyjnych, głównie w kolorze czerwonym (za pomocą czerwonych rakiet sygnalizuje się stan anormalny, na przykład lot z odciętą lub urwaną liną). Ostatnią czynnością wykonywaną przed rozpoczęciem ciągów jest przygotowanie silnika, polegające na podgrzaniu go do wymaganej temperatury, przez co zapewnia się niezawodność jego pracy podczas wykonywania ciągu.

Dzienne czynności po lotach mają na celu wykrywanie ewentualnych usterek wyciągarki. Poszukuje się przede wszystkim śladów nieszczelności układu chłodzącego, zasilającego i smarującego silnik. Następnie wyciągarkę oczyszcza się z zanieczyszczeń i z piasku, którego nie brak na żadnym lotnisku. Wymagane jest też sprawdzenie stanu końca liny i jej końcowego zaplotu oraz stanu spadochronika, który przy intensywnym prowadzeniu startów szybko zużywa się. W zasadzie, w ramach przeglądu po lotach spostrzeżone usterki powinny być usuwane. W praktyce, z uwagi na późną niejednokrotnie porę zakończenia lotów, znaczna część czynności przesuwana jest na dzień następny i wykonywana razem z dziennym przeglądem przedlotowym.

Czynności okresowe przy zespole napędowym i zespole ciągowym wykonywane są okresowo na podstawie terminarzy podawanych w instrukcjach obsługi technicznej wyciągarek. W przypadku zespołu napędowego częstotliwość i zakres prac określone są liczbą przepracowanych godzin (odpowiednio 25, 50, 250 godzin).

W odniesieniu do zespołu ciągowego częstotliwość i zakres przeglądów i prac regulowane są liczbą wykonanych ciągów (np. co 500, 1500, 3000, 7500 ciągów).

Rozdział II

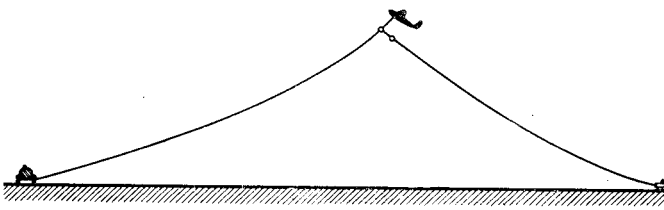
ŚCIĄGARKA LINY

Odczepiona od będącego w locie szybowca lina wyciągarkowa opadając na ziemię tworzy kłębowisko splątanych zwojów. Występuje to szczególnie wyraźnie podczas startu za dolnym zaczepem, kiedy to często zdarza się, że szybowiec nadlatuje prawie pionowo nad wyciągarkę. Jeżeli na końcu liny znajduje się spadochronik hamujący, to jest on znoszony przez wiatr w kierunku startu i w pewnym stopniu po-

woduje układanie się liny „z wiatrem", co zapobiega tworzeniu się kłębowisk liny.

Koniec liny opada najczęściej w odległości 50÷150 m przed wyciągarką. Po każdym starcie, jeżeli starty są dalej kontynuowane, konieczne jest ponowne ściągnięcie liny na miejsce startu. Odbywa się ono na drodze wynoszącej od 700 do 1000 m, a siła potrzebna do ciągnięcia liny wzrasta stopniowo od kilku do ponad stu kilogramów, zależnie od rodzaju nawierzchni lotniska.

Ściąganie liny może się odbywać w różny sposób. Ściąganie liny przez 4÷6 osób idących pieszo (trwające nieraz kilkanaście minut) stosowane jest tylko wyjątkowo. Z zasady stosuje się mechaniczne ściąganie liny wyciągarkowej bądź to za pomocą ciągnika lub samochodu, bądź też przy zastosowaniu specjalnie do tego celu skonstruowanej ściągarki. Zasada stosowania ściągarki polega na tym, że ustawia się ją na starcie, obok szybowca. Ściągarka wyposażona jest w bęben, na który można nawinąć cienką linkę stalową. Koniec tej linki podłączany jest w pobliżu końca liny wyciągarkowej, toteż podczas startu szybowca linka ściągarkowa odwija się z bębna wznosząc się w ślad za star-



Rys. 190. Ogólny schemat startu za wyciągarką z zastosowaniem ściągarki

tującym szybowcem. Z chwilą odczepienia liny wyciągarkowej od szybowca obie liny spadają na ziemię. Od tej chwili istnieje możliwość uruchomienia silniczka ściągarki i rozpoczęcia ściągania liny wyciągarkowej z powrotem na miejsce startu. Ściągarki wyposażone są w silniki benzynowe o mocy kilku KM, wprawiające w ruch obrotowy bęben liny. Przy ich zastosowaniu ściąganie liny wyciągarkowej trwa od 1 do 2 minut, co umożliwia zwiększenie częstotliwości startów.

Ogólnie pod względem konstrukcyjnym ściągarka przypomina wyciągarkę. Budowana jest zwykle jako dwukołowa mała przyczepa wyposażona w silnik, sprzęgło, bęben z linką średnicy od 2 do 2,5 mm, układacz linki, nożyce awaryjne i zespół wałków prowadzących linkę, a także w hamulce opadowe bębna.

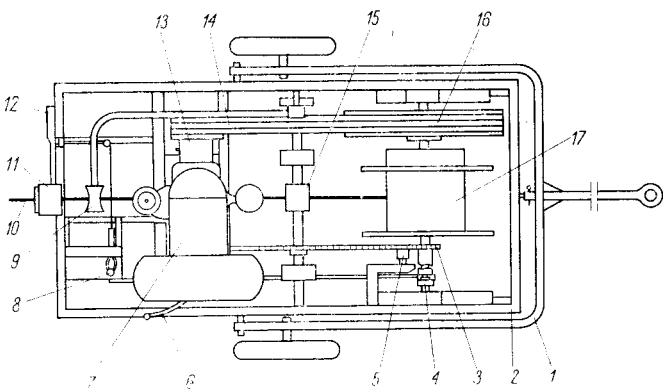
BUDOWA ŚCIĄGARKI

Od wielu już lat użytkowany jest w kraju jeden typ ściągarek, a mianowicie ściągarka „Ryś". Ściągarka ta zbudowana jest w postaci lekkiej dwukołowej przyczepy o łatwo odejmowanych kołach, umożliwiających szybkie ustawienie jej na czterech łapach w pozycji roboczej.

Podstawę ściągarki stanowi prostokątna rama, na której zabudowany jest silnik z wewnętrznym sprzęgłem odśrodkowym, transmisyjne koła pasowe, bęben linki z dostawianym sprzęgłem kłowym, układacze linki, hamulec opadowy i nożyce awaryjne (rys. 191).

W ściągarce zastosowany został jednocylindrowy dwusuwowy silnik benzynowy S82 o mocy 8 KM chłodzony powietrzem (rys. 192). W celu polepszenia warunków chłodzenia głowica cylindra otoczona jest obudową, która kieruje na żeberka głowicy powietrze dostarczane przez specjalną dmuchawę.

Podczas pierwszego suwu tłoka (ku górze) odbywa się proces napełniania wnętrza skrzyni korbowej (kadłuba silnika) mieszanką zasysaną przez odsłonięty kanał gaźnika pod wpływem podciśnienia wytworzonego wewnątrz skrzyni korbowej przez wędrujący do góry tłok. Jednocześnie podczas tego suwu następuje sprężanie mieszanki znajdującej się nad tło-



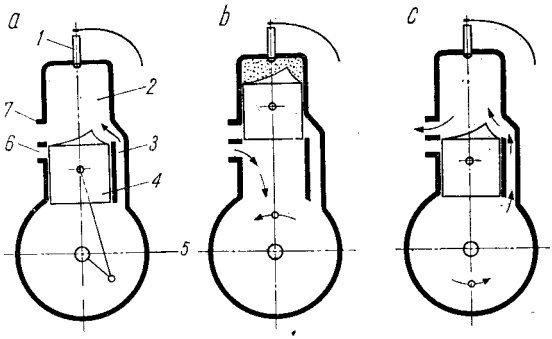
Rys. 191. Schemat ściągarki liny „Ryś"

1 — rama podwozia, *2* — rama ściągarki, *3* — łańcuch napędu układacza liny, *4* — sprzęgło kłowe bębna liny, *5* — napinacz łańcucha, *6* — dźwignia ręcznego rozrusznika, *7* — silnik, *8* — uchwyt dźwigni nożyc liny, *9* — ramię hamulca opadowego z wałkiem wklęsłym, *10* — linka ściągarki, *11* — zespół wałków i nożyc liny, *12* — dźwignia opadowa uruchamiająca nóż nożyc, *13* — sprzęgło odśrodkowe, *14* — pasy klinowe napędu wałka bębna, *15* — układacz liny, *16* — duże koło pasowe, *17* — bęben liny

kiem w komorze sprężania. Po przejściu przez tłok zwrotu zewnętrznego (ZZ) następuje zapłon mieszanki i jej wybuch. W związku z tym tłok przesuwa się do dołu wykonując suw roboczy, a jednocześnie następuje wstępne sprężanie zassanej poprzednio mieszanki, która jest przepychana kanałem *3* do góry. Ponieważ w tym czasie zostaje otwarty kanał wydechowy 7, więc spaliny uchodzą tym kanałem, a z przeciwnej strony przez odsłonięty kanał pionowy *3* dostaje się na ich miejsce sprężona wstępnie w skrzyni korbowej mieszanka. Silnik pozbawiony jest zaworów, a rolę ich spełnia przesuwający się tłok, który odsłania w odpowiednim czasie odpowiednie kanały, znajdujące się na powierzchni tulei i cylindra.

2 3 9

Paliwo dostarczane do silnika przez gaźnik zmieszane jest z olejem silnikowym w stosunku 20 : 1. Zawarty w paliwie olej służy do smarowania wewnętrznych powierzchni i łożysk silnika. Zastosowanie takiego rozwiązania smarowania



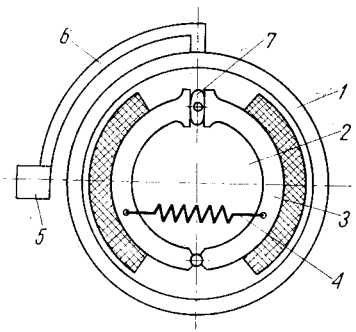
Rys. 192. Zasada pracy dwusuwowego silnika spalinowego ze wstępnym sprężaniem mieszanki
a — budowa silnika w przekroju, *b* — położenie tłoka w I suwie (ssanie i sprężanie), *c* — położenie tłoka w II suwie (wydech i napełnianie)
1 — świeca zapłonowa, *2* — cylinder-komora spalania, *3* — kanał przelotowy mieszanki, *4* — tłok, *5* — skrzynia korbowa (komora wstępnego sprężania mieszanki), *6* — kanał ssący, *7* — kanał wylotowy

silnika jest konieczne, gdyż silnik dwusuwowy pozbawiony jest instalacji olejowej, a wnętrze jego skrzyni korbowej wykorzystane zostało do gromadzenia i wstępnego sprężania mieszanki.

Sprężona mieszanka zapala się od iskry elektrycznej wytwarzanej przez iskrownik, co upraszcza konstrukcję ściągarki, gdyż eliminuje konieczność stosowania akumulatora i związanej z nim prądnicy, skrzynki regulacyjnej i instalacji elektrycznej. Rozruch silnika ze względu na jego małą pojemność jest prosty: odbywa się za pomocą ręcznej dźwigni.

Silnik napędza bęben liny poprzez przekładnię zębatą, sprzęgło odśrodkowe, koła pasowe i sprzęgło kłowe zabudowane na osi przy bębnie. Przekładnia zębata o przełożeniu 1 : 2 znajduje się bezpośrednio przy silniku, a jej wałek połączony jest ze sprzęgłem odśrodkowym pracującym samoczynnie pod wpływem zwiększenia się prędkości obrotowej silnika. Sprzęgło swą konstrukcją przypomina hamulec szczękowy stosowany powszechnie w wielu pojazdach mechanicznych (rys. 193).

Wewnątrz bębna sprzęgła *1* umieszczone są na tarczy *2* dwie wirujące szczęki *3* wyposażone w okładziny cierne. Podczas spoczynku sprzęgła, a także przy małej prędkości obrotowej silnika szczęki dociągane są wzajemnie sprężynami *4* i nie stykają się z wewnętrzną powierzchnią bębna. Wraz ze wzrostem prędkości obrotowej silnika na ciężarek *5* wirujący



Rys. 193. Schemat działania sprzęgła odśrodkowego ściągarki „Ryś"

wraz z tarczą *2* zaczyna oddziaływać coraz większa siła odśrodkowa, pod wpływem której ciężarek odchyla się na zewnątrz na ramieniu *6* i obraca kułak rozpierający szczęki *7*. Rozpierane szczęki dociskane są do wewnętrznej powierzchni bębna *1* i przekazują bębnowi ruch obrotowy. Bęben natomiast połączony jest z małym kołem pasowym, które poprzez trzy paski klinowe przekazuje ruch obrotowy na większe koło pasowe obracające wał bębna liny (porównaj rys. 191).

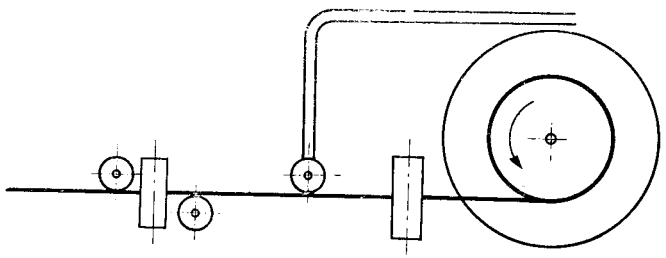
Bęben liny ułożyskowany jest na wale wolnobieżnie, co wykorzystywane jest podczas startu szybowca, gdy linka odwija się z bębna. Aby umożliwić ściąganie liny, układ wyposażono w przesuwne sprzęgło kłowe, którego tuleja nasadzona jest na wał i może być dosuwana do bębna w celu zasprzęglania go z wałem. Zasprzęglanie może następować jedynie podczas postoju zarówno wału, jak i bębna.

Układacz liny (rys. 191, *15*) napędzany jest łańcuchem od wału bębna, dzięki czemu pracuje on zarówno podczas odwijania, jak i nawijania liny. Układacz liny i nożyce awa-

ryjne nie różnią się konstrukcją od tych, jakie są stosowane w wyciągarkach, są jedynie odpowiednio mniejsze ze względu na występujące tu wielokrotnie mniejsze siły i mniejszą średnicę linki. 2 4 1

Schemat prowadzenia linki w ściągarce przedstawiony jest na rysunku 194. Tak jak w wyciągarce, linka przechodzi przez zespół wałków prowadzących, przy których zabudowane są nożyce bezpieczeństwa, dalej pod wklęsłym wałkiem hamulca opadowego, a następnie po przejściu pomiędzy pionowymi wałkami układacza nawijana jest na bęben.

Mechanik obsługujący ściągarkę ma swoje miejsce przy ściągarce od strony silnika. W jego zasięgu znajduje się dźwig-



Rys. 194. Schemat prowadzenia linki w ściągarce „Ryś"

nia rozrusznika silnika, dźwignia sterowania przepustnicą gaźnika, dźwignia włączająca sprzęgło kłowe bębna oraz dźwignia nożyc awaryjnych. Do zatrzymywania silnika ściągarki „Ryś" służy zawór dekompresyjny wbudowany do głowicy cylindra.

2/II

PRZYGOTOWANIE ŚCIĄGARKI DO PRACY

Okres technicznej zdatności ściągarki do pracy określany jest przez wytwórcę w porozumieniu z organem nadzoru technicznego. W przypadku ściągarki „Ryś" został on ustalony na 12 000 ciągów liny i 400 godzin pracy silnika. Po ukończeniu wyznaczonego w ten sposób resursu ściągarka powinna być skierowana do naprawy głównej.

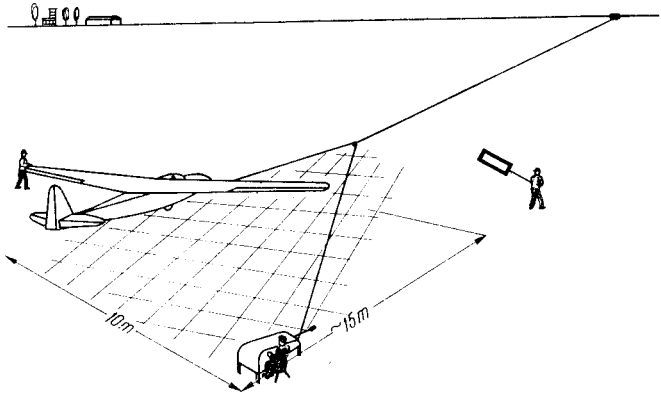
Podobnie jak w przypadku wyciągarek, decydujące znaczenie dla utrzymania sprawności technicznej ściągarki ma sposób i warunki jej użytkowania i prowadzenia bieżącej obsługi. W celu zapewnienia prawidłowej obsługi sporządzona została dla ściągarki odpowiednia instrukcja techniczna, zawierająca terminarz prac obsługowych oraz omówienie spo-

2 sobów usuwania usterek. Wykonywane we właściwym cza-
4 sie i zakresie czynności okresowe konserwują części mecha-
2 nizmów, zmniejszają ich zużycie, a także umożliwiają wczesne wykrywanie usterek i usuwanie ich. Prace wykonywane przy ściągarkach, składają się z:

— dziennych przeglądów przedlotowych,
— dziennych przeglądów przed rozpoczęciem pracy na starcie,
— dziennych przeglądów po ukończeniu lotów,
— czynności okresowych przy silniku,
— czynności okresowych przy urządzeniu ciągowym.

W zasadzie cel, zakres i sposób wykonywania poszczególnych czynności są analogiczne, jak w przypadku wyciągarek. Ze względu na nieco uproszczoną konstrukcję czas wykonywania tych czynności jest odpowiednio skrócony (brak np. instalacji elektrycznej, wodnej, olejowej). Szczególną uwagę poświęca się podczas przeglądów ściągarki hamulcowi opadowemu i sprzęgłu kłowemu przy bębnie. Odwijająca się z dużą prędkością lina powoduje podczas startu szybowca występowanie okresowego drgania dźwigni hamulcowej, które nie tłumione powiększa swą amplitudę, powodując krótkotrwałe gwałtowne przyhamowanie bębna. Zjawisko to wynika z właściwości konstrukcji ściągarki i wymaga tłumienia przez umiejętne przytrzymywanie dźwigni ręką.

Udzielające się konstrukcji drgania przenoszone są na inne elementy ściągarki, przede wszystkim na sprzęgło kłowe i jego drążkowy układ sterujący. W układzie tym stosunkowo szybko pojawiają się luzy, mogące z czasem doprowadzić do samoczynnego włączenia się sprzęgła kłowego podczas startu szybowca. Grozi to bardzo poważnym w skutkach uszko-



Rys. 195. Ustawienie startu wyciągarkowego ze ściągarką

dzeniem ściągarki, zerwaniem linki i zakłóceniem toru lotu szybowca. 2 4

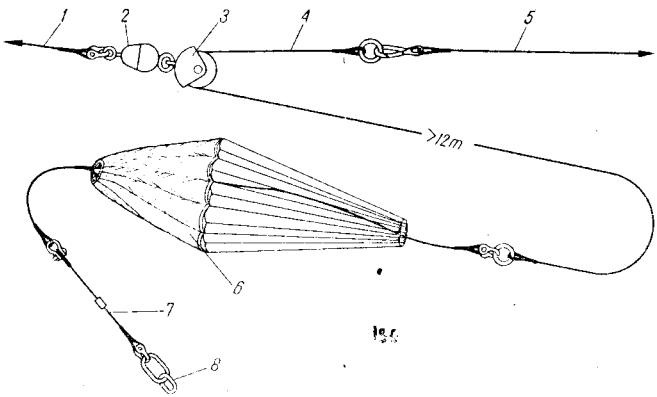
W ściągarkach stosowane są linki stalowe (o średnicy 2÷÷2,5 mm), których siła niszcząca nie przekracza 460 kG. 3 W przypadku zastosowania linki o średnicy 3 mm ze względu na jej większy ciężar, skraca się ją do około 700 m; jednocześnie konieczne jest zaopatrzenie jej na końcu w bezpiecznik zrywowy, którego siła niszcząca nie przekracza 460 kG.

Sposób ustawienia ściągarki na starcie wyjaśniony jest na rysunku 195. Ściągarka może być ustawiana dowolnie z lewej lub prawej strony szybowca, ze zwróceniem szczególnej uwagi na bezpieczeństwo osób obsługujących start oraz bezpieczeństwo startującego szybowca. Linka biegnąca od ściągarki powinna być ułożona tak, aby w przypadku opuszczania na ziemię skrzydła szybowca przebiegała pod skrzydłem i nie mogła być zabrana przez opuszczone skrzydło.

3/II

ZESPÓŁ LIN PRZY STARCIE Z ZASTOSOWANIEM ŚCIĄGARKI

Sposób łączenia liny wyciągarkowej i ściągarkowej ilustruje rysunek 196 (porównaj też rys. 190 oraz 195). W skład układu lin wchodzi specjalny odcinek liny łącznikowej, o długości około 12 m. Główna lina — wyciągarkowa — zakończona



Rys. 196. Połączenia zespołu linki wyciągarkowej i ściągarkowej

1 — lina wyciągarkowa, *2* — przegub obrotowy, *3* — krążek w obudowie, *4* — lina łącznikowa, *5* — lina ściągarkowa, *6* — spadochronik liny, *7* — bezpiecznik zrywowy, *8* — ogniwa zaczepowe

2 jest zaplotem na stalowym chomątku. Do tego zakończenia
4 przymocowywany jest obrotowy przegub, a do niego metalo-
4 wy krążek z głębokim rowkiem, pracujący w dokładnie dopasowanej obudowie. Przez ten krążek przewinięta jest lina łącznikowa, która ma swobodę w przesuwaniu się na krążku. Na obu końcach liny łącznikowej wykonane są zaploty na stalowych chomątkach, przy których znajdują się stalowe kółka. Z jednej strony (od strony szybowca) przyłączony jest do liny łącznikowej krótki odcinek linki stalowej ze spadochronikiem, następnie wymienny bezpiecznik zrywowy i ogniwa zaczepowe, za pomocą których łączy się zespół lin z zaczepem szybowca. Z drugiej strony lina łącznikowa jest połączona z linką ściągarkową.

Zastosowany w układzie obrotowy przegub chroni zespół linek przed splątaniem się w przypadku rozkręcania się liny wyciągarkowej pod wpływem dużych obciążeń.

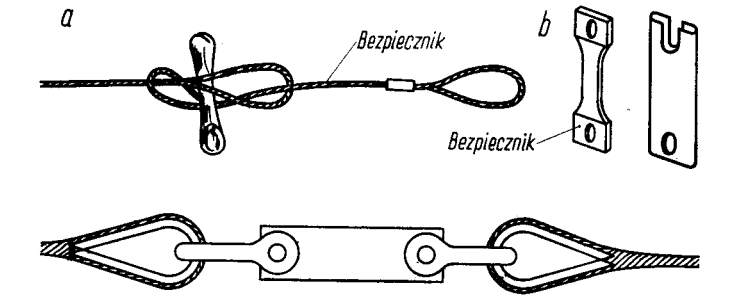
Spadochronik o średnicy ok. 90 cm wykonany jest z mocnego płótna. Spadochronik ma za zadanie zmniejszanie prędkości opadania lin odczepionych od szybowca, a nawet znoszenia ich z wiatrem w kierunku ściągarki. Przez środek spadochronika poprowadzona jest linka stalowa, która włączona jest w układ ciągowy, a więc podczas startu szybowca napręża się, rozciągając spadochronik i nie dopuszczając do wypełnienia się jego czaszy powietrzem. Ze względu na to, że podczas ściągania liny ściągarką czasza spadochronika przesuwa się po ziemi, trwałość spadochronika nie jest duża i dlatego konieczne jest zwłaszcza podczas lotów szkolnych, częste wymienianie go na nowy.

Bezpieczniki zrywowe stosowane są głównie przy linach wyciągarkowych, a celem ich stosowania jest niedopuszczanie do występowania w układzie ciągowym, jak też w konstrukcji szybowca, nadmiernych obciążeń. W przypadku gdy siły występujące w linie przekroczą dopuszczalne wartości, następuje zerwanie bezpiecznika i oddzielenie się szybowca od wyciągarki. Mimo stosowania bezpieczników zdarzają się względnie częste przypadki zrywania się lin wyciągarkowych, spowodowane ich zużyciem lub lokalnym uszkodzeniem.

Bezpieczniki zrywowe mają postać odpowiednio zwymiarowanych elementów metalowych lub też wykonywane są z linek stalowych o odpowiedniej wytrzymałości. Bezpiecznik linkowy włączany jest do zespołu lin za pomocą pętli w sposób pokazany na rys. 197*a*. Element zrywowy bezpiecznika metalowego (rys. 197*b*) chroniony jest przed uszkodzeniem (np. przy upadku z wysokości na ziemię) przez obudowę mającą kształt spłaszczonej rurki. Do połączenia bezpiecznika z układem lin stosowane są ogniwa łącznikowe wyposażone

w sworzeń z nakrętką, co umożliwia szybką wymianę bezpiecznika podczas lotów. 2 4

Siły niszczące bezpieczniki zrywowe ustalane są odpowiednio do ciężaru szybowca w locie. Wartości te podane są w tablicy 6. 5



Rys. 197. Bezpieczniki zrywowe do lin holowniczych szybowca

Ogniwa zaczepowe, łączące układ lin bezpośrednio z zaczepem szybowca (rys. 196, *8*) powinny być wykonane ze znanego gatunku stali i zgodnie z dokumentacją wymiarową. Od stanu technicznego ogniw zaczepowych zależy w dużym stopniu bezpieczeństwo startu, toteż wykonywane są one pod

TABLICA 6

BEZPIECZNIKI ZRYWOWE DO LIN HOLOWNICZYCH

Rodzaje szybowców	Ciężar szybowca w locie kG	Nazwa bezpiecznika	Siła niszcząca kG	% linki bezpiecznika linkowego mm
Szkolne jednomiejscowe, treningowe	do 250	BZ-1	430÷480	2,5
Wyczynowe jedno- i dwumiejscowe	250÷500	BZ-2	640÷700	3,0
Dwumiejscowe	500÷750	—	1050	3,5

nadzorem w warsztatach lotniczych. Znajdujące się obecnie w użytkowaniu ogniwa zaczepowe przystosowane są do zaczepów krajowych (porównaj rys. 90) oraz zagranicznych typu TOST Europa 72/73 (rys. 91).

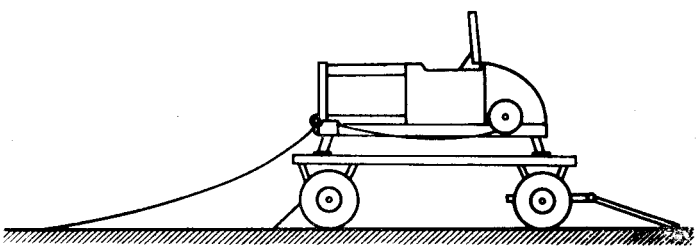
Rozdział III

START ZA WYCIĄGARKĄ

Rozkładanie startu wyciągarkowego odbywa się zwykle według wskazówek i pod nadzorem instruktora prowadzącego loty lub kierownika lotów, jeżeli są jednocześnie wykonywane też inne rodzaje lotów. W zasadzie wyciągarka ustawiana jest w ten sposób, aby starty wykonywane były pod wiatr i w łożu tego wiatru. Nie bez znaczenia jest tu jednak wielkość i kształt lotniska, toteż często, w celu uzyskania większej wysokości odczepienia, stosuje się rozwiązania kompromisowe, to znaczy wykorzystuje się największą długość lotniska przy lekko bocznym wietrze. Jest to możliwe oczywiście jedynie do pewnych prędkości wiatru (3÷4 m/s). Przy większych prędkościach wiatru (8 do 12 m/s) konieczne jest ścisłe przestrzeganie warunku, aby starty odbywały się dokładnie w łożu wiatru.

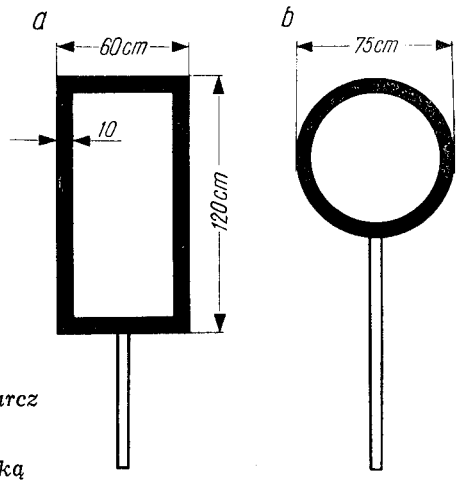
Wyciągarka powinna być ustawiona w miejscu, z którego zapewniona jest łączność wzrokowa ze startem. Jest to konieczne do umożliwienia prowadzenia sygnalizacji poprzedzającej każdy start oraz obserwacji przebiegu pierwszej fazy startu (ruszenia szybowca i oderwania się od ziemi). Sposób ustawienia wyciągarki powinien wykluczać jej niestabilność podczas pracy. Jeżeli jest to wyciągarka samojezdna, to koła jej powinny być skutecznie zahamowane; celowe jest stosowanie podstawek samolotowych pod koła.

W niektórych przypadkach, jak na przykład na lotnisku o nawierzchni nierównej, utrudniającej obserwację startu lub o grząskiej nawierzchni, stosuje się ustawianie wyciągarek na przyczepie czterokołowej (rys. 198). Także w takim przypadku należy zadbać o należyte unieruchomienie tak wyciągarki, jak i przyczepy.



Rys. 198. Ustawienie wyciągarki na platformie czterokołowej

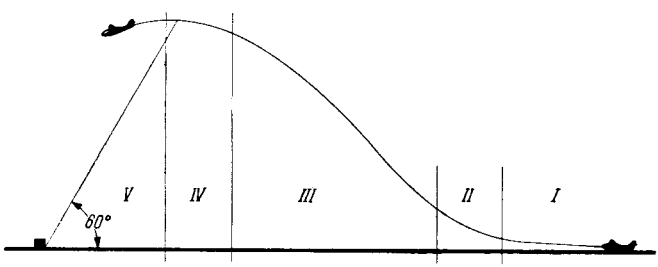
Bezpośrednio przed zgłoszeniem gotowości startowej mechanik powinien podgrzać silnik wyciągarki do wymaganej temperatury, sprawdzić poziom paliwa i przygotowanie do pracy nożyc awaryjnych. Do jego obowiązków należy też sprawdzenie działania systemu sygnalizacyjnego (światła zielone— pomocą czerwonych rakiet lub okrężnych ruchów tarczą) sygnalizacyjne (rys. 199). W dyspozycji mechanika wyciągarkowego powinna znajdować się też rakietnica i zapas rakiet, głównie koloru czerwonego.



Rys. 199. Rodzaje tarcz sygnalizacyjnych stosowanych przy starcie za wyciągarką

Obowiązki mechanika ściągarkowego są podobne. Dodatkowo ciąży na nim obowiązek wyposażenia zespołu lin w odpowiedni bezpiecznik zrywowy.

Start szybowca za wyciągarką można podzielić na pięć faz (rys. 200). Największe zapotrzebowanie na siłę ciągu występuje w I i II fazie, podczas ruszania, rozpędzania się szy-



Rys. 200. Przebieg startu szybowca za wyciągarką

I — ruszanie i rozpędzanie szybowca, *II* — przejście na lekkie wznoszenie, *III* — lot wznoszący, *IV* — przejście do lotu poziomego, *V* — odczepienie linki

2 bowca i w czasie przechodzenia na wznoszenie. W miarę
4 wznoszenia się szybowiec wchodzi stopniowo w strefę coraz
8 szybszego wiatru, co wymaga odpowiedniego zmniejszania prędkości liny. W ostatniej fazie startu, gdy prędkość wznoszenia jest już nieznacza, konieczne jest dalsze zmniejszanie prędkości ciągu.

Odczepienie liny wyciągarkowej powinno nastąpić najpóźniej wtedy, gdy kąt pomiędzy liną a poziomem osiąga wartość około 80°. Jeżeli w takiej sytuacji odczepienie nie następuje, cała uwaga obu mechaników obsługujących urządzenia startowe koncentruje się na szybowcu. Jeżeli zaczep szybowca wyposażony jest w samoczynny wyrzutnik, to powinno nastąpić samoczynne odczepienie liny. Jeżeli jednak nie nastąpi, to z chwilą nadlatywania szybowca nad wyciągarkę lub nieco wcześniej, jeżeli szybowiec rozpoczyna zakręt, konieczne jest odcięcie liny przy wyciągarce i ściągarce. W praktyce znacznie lepsze warunki obserwacji ma mechanik wyciągarkowy, toteż obowiązkiem jego jest natychmiastowe ostrzeżenie startu i mechanika ściągarkowego (za pomocą czerwonych rakiet lub okrężnych ruchów tarczą o awaryjnym cięciu liny. W takiej sytuacji mechanik ściągarkowy odcina linkę ściągarkową i wraz z instruktorem lub wyznaczonym pilotem sygnalizuje do szybowca powstanie sytuacji niebezpiecznej (czerwone rakiety, okrężne ruchy tarczą). Należy pamiętać, że rakiety powinny być strzelane wtedy, gdy szybowiec zwrócony jest przodem lub bokiem do startu, w przeciwnym bowiem przypadku przekazywane sygnały mogą być nie zauważone przez pilota.

Czynności związane ze ściąganiem liny startowej na miejsce startu rozpoczyna się z chwilą zaobserwowania odczepienia lin od szybowca. Moment ten można zaobserwować z miejsca startu dzięki spadochronikowi hamującemu opadanie lin. Jeżeli z pewnych uzasadnionych względów spadochronika nie stosuje się, to konieczne jest umocowanie w pewnej odległości od końca liny dobrze widocznej czerwonej chorągiewki. Z chwilą zahamowania bębna, które ma miejsce jednocześnie z odczepieniem lin przez pilota szybowca, mechanik ściągarkowy sprzęga bęben liny z wałem ściągarki i uruchamia silnik. Podczas zwiększania prędkości obrotowej silnika zaczyna działać sprzęgło odśrodkowe ściągarki i bęben rozpoczyna nawijanie liny. Początkowo obciążenie silnika nie jest zbyt duże, gdyż ściągana jest ta część liny, która upadła na ziemię swobodnie. Po upływie kilkudziesięciu sekund obciążenie silnika ściągarki wzrasta, gdyż coraz więcej liny wyciągarkowej „wybierane" jest ze swobodnie leżących zwojów liny. Największe obciążenia silnika ściągarki występują wte-

dy, gdy liny się prostują i odbywa się odwijanie liny z bębna wyciągarki. 2 4 9

Mechanik wyciągarkowy przygotowany jest do czynności ściągania liny na start. Już z chwilą ustania pracy silnika wyciągarki wyłącza on bęben „na luz" i obserwuje proces ściągania liny. Jeżeli ściągarka pracuje sprawnie, to znaczy ściąga linę z ustaloną prędkością, to hamulec opadowy bębna wyciągarki jest uniesiony i lina odwija się z bębna spokojnie. Występujące podczas ściągania szarpnięcia powodują zwykle przyhamowywania bębna. W takich sytuacjach można z umiarem unosić dźwignię hamulca opadowego, gorzej jednak, gdy spowoduje się przez nieuwagę splątanie liny na bębnie. Może to nastąpić wówczas, gdy przy odhamowanym bębnie ustanie nagle ciąg liny, a bęben będzie się obracał w dalszym ciągu wskutek swej bezwładności. W takiej sytuacji konieczne jest zasygnalizowanie na miejsce startu konieczności przerwania ściągania liny.

Rozdział IV

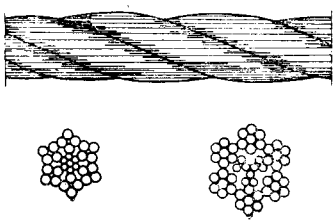
LINY STARTOWE

1/IV

LINY DO WYCIĄGAREK I ŚCIĄGAREK

W szybowcowych urządzeniach do startów mechanicznych stosowane są giętkie linki stalowe o średnicach od 2,5 do 5,0 mm. Linki ściągarkowe mają średnicę od 2,5 do 3,0 mm i wykonywane są jako linki wielosplotowe z miękkim rdzeniem. Do wyciągarek stosuje się linki o średnicach od 4,2 do najwyżej 5 mm, także wielosplotowe, z rdzeniem miękkim lub twardym.

Linka stalowa (rys. 201) powstaje przez spiralne skręcenie sześciu splotów dokoła siódmego splotu, stanowiącego rdzeń



Rys. 201. Budowa wielosplotowej linki stalowej

linki. Rdzeń taki może być wykonany także z włókien konopnych, wówczas jest to linka z miękkim rdzeniem. Linki z miękkim rdzeniem są zwykle elastyczniejsze i bardziej podatne do pracy na krążkach niż linki z rdzeniem twardym (porównaj rys. 81*a*).

Każdy ze splotów powstaje przez spiralne skręcenie pewnej liczby cienkich stalowych drucików. Kierunek splotu drucików jest zawsze odwrotny do kierunku splotu liny, co zapobiega skłonnościom liny do samoczynnego zwijania się w zwoje i tworzenia tzw. oczek.

W celu ochrony przed korozją druciki linek są cynkowane, przez co otrzymują lekko matową powierzchnię. W wyniku zużycia się linki i wytarcia warstwy ochronnej pojawia się na powierzchni drucików charakterystyczny połysk metaliczny stali, a gdy linka jest w takim stanie dłużej używana, występują na niej ślady rdzy.

Własności wytrzymałościowe linek stalowych zestawiono w tablicy 7.

Własności wytrzymałościowe linek stalowych z miękkim rdzeniem są nieco niższe (np. linka o średnicy 2,5 mm ma wytrzymałość 460 kG).

TABLICA 7

WŁASNOŚCI WYTRZYMAŁOŚCIOWE LINEK STALOWYCH Z TWARDYM RDZENIEM

Średnica linki mm	Liczba splotów × liczba drutów w splocie	Najmniejsza siła zrywająca linkę kG	Uwagi
2,5	7×7	495	Wykonanie zaplotu linki powoduje zmniejszenie siły zrywającej o około 20%
3,0	7×7	760	
4,5	7×7	1350	

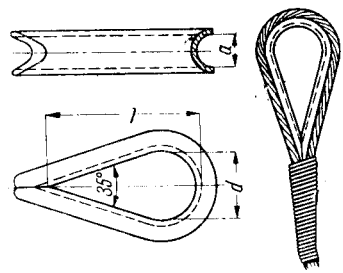
Linka stalowa powinna być okresowo przeciągana przez zwilżoną w nafcie szmatę. Zabieg ten umożliwia jednocześnie wykrywanie uszkodzeń linki (zrywanie się pojedynczych drucików, które odstają od linki i zaczepiają o szmatę).

Typowym objawem zużycia się linki jest wspomniane poprzednio wycieranie się warstwy ochronnej z cynku, jak też powtarzające się przypadki zrywania pojedynczych drucików. Innym objawem jest rozkręcanie się splotów lub powstawanie trwałych deformacji. Te ostatnie są często następstwem silnego zaciągania oczek, tworzących się przy swobodnym upadku liny.

Zależnie od fabrycznej jakości linki i sposobu jej użytko-

wania, a także konserwacji, linka zapewnia bezpieczne wykonanie od 1000 do 2000 startów za wyciągarką. Aby zwiększyć bezpieczeństwo i aby zapobiec niespodziewanym zrywaniom się linek podczas startu szybowca, a także przedłużyć okres przydatności linek, stosuje się zwykle linki o średnicach nieco większych od obliczeniowych. Zwiększenie wytrzymałości linek w stosunku do wartości obliczeniowych wymaga umieszczania na końcu linki bezpiecznika zrywowego, który ma chronić zarówno linkę, jak i konstrukcję szybowca przed wystąpieniem nadmiernych obciążeń (rys. 197).

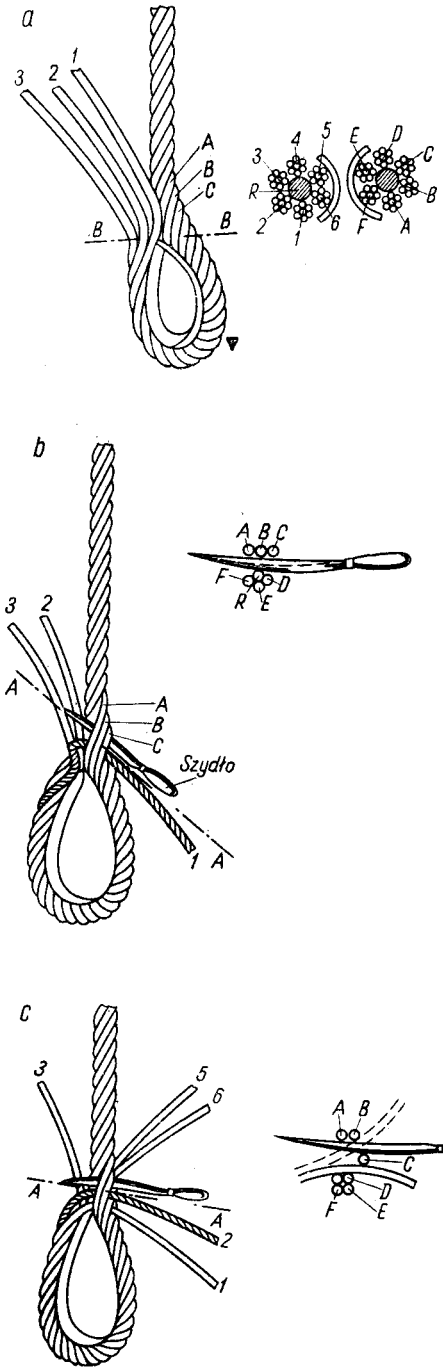
Określonej długości odcinki linek stalowych, przygotowywanych z konkretnym przeznaczeniem, łączone są ze sobą lub z innymi elementami za pomocą specjalnych złączy lub ogniw zamykanych sworzniem (znanych w żeglarstwie pod nazwą szekli). W tym celu na końcach linek wykonywane są zaploty linki owiniętej dookoła stalowego korytkowego chomątka (rys. 202). Sposób wykonywania zaplotu na chomątku wyjaśniono na rysunku 203.



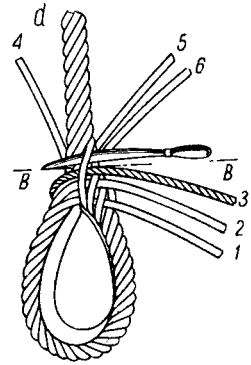
Rys. 202. Zaplot linki stalowej na chomątku

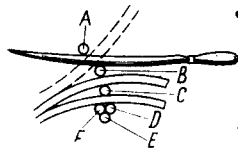
Przygotowaną do zaplotu linkę owija się na chomątku tak, aby jej swobodny koniec miał długość około 17÷20 cm. Sploty linki właściwej i sploty swobodnego końca oznacza się w sposób pokazany na rysunku 203*a*. Pierwszą czynnością jest zaplatanie splotów pierwszej warstwy, pokazane na rysunkach 203*b*, *c*, *d*, *e*, *f*. Zaplatanie rozpoczyna się od splotu *1* (rys. 203 *b*), który należy odchylić zgodnie z kierunkiem skrętu linki w prawo. Unosząc za pomocą specjalnego szydełka sploty *A*, *B* i *C* należy przesunąć pod nimi splot wraz z rdzeniem linki (rdzeń należy przesuwać zawsze razem ze splotem *1*). Splot *2* przesuwa się jedynie pod splotem *A* i *B* w sposób pokazany na rysunku 203*c*. Splot *3* przesuwa się już tylko pod splotem *A* w sposób pokazany na rysunku 203*d*. Splot *4* przesuwa się pod splotem *F* i wprowadza pomiędzy splotami *A* i *F* (rys. 203*e*). Splot *5* wymaga przesunięcia pod splotem oznaczonym literą *E* i wprowadzenia pomiędzy splot

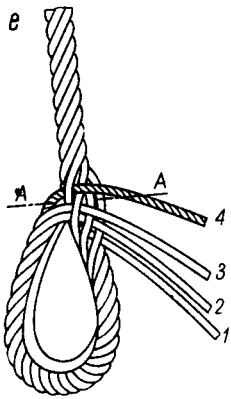
2
5
1

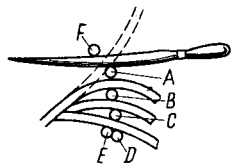


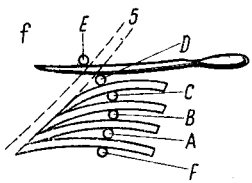
Rys. 203
Wykonywanie zaplotu linki stalowej na chomątku

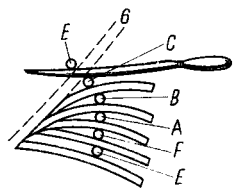

d
4
5
6
B
B
3
2
1

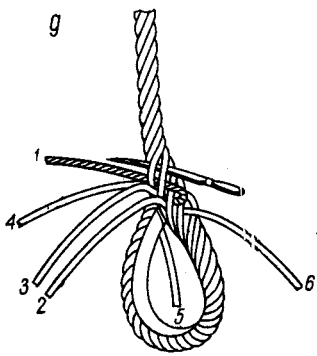

A
B
C
D
F
E

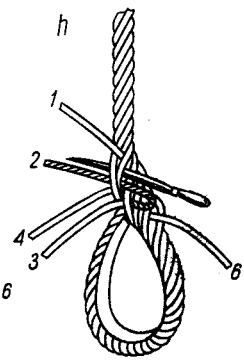

e
A
4
3
2
1


F
A
B
C
E
D


f
E
5
D
C
B
A
F


6
E
C
B
A
F
E


g
1
4
3
2
5
6


h
1
2
4
3
6

2 E i F. Splot 6 należy poprowadzić podobnie jak splot 4
5 (rys. 203f).
4 Przeciągnięte sploty pierwszej warstwy należy obciągnąć za pomocą szczypiec w kierunku linki właściwej. Zaplatanie drugiej warstwy rozpoczyna się od splotu 1, podczas gdy pozostałe sploty przytrzymywane są w dłoni, w której trzymane jest chomątko (uchwycone najlepiej w imadełku). Splot 1 prowadzony jest teraz nad splotem G, a potem pod splotami A i B (rys. 203g). Drugi splot także należy prowadzić „nad jednym pod dwa", to znaczy nad splotem B i pod splotami A i F (rys. 203h).

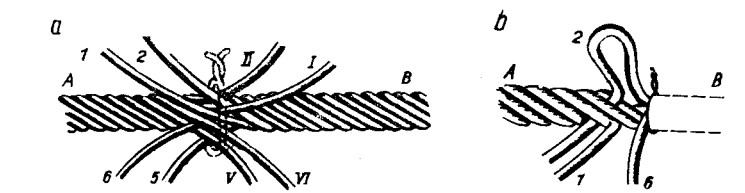
W analogiczny sposób przesuwa się dalsze sploty, stosując metodę „nad jednym pod dwa". Po ukończeniu zaplotu warstwy drugiej swobodne końce splotów wymagają obciągnięcia szczypcami.

Zaplot linki na chomątku polega na wykonaniu zaplotu pięciu warstw, z których trzecią, czwartą i piątą wykonuje się w sposób analogiczny jak drugą. Po każdym zaplocie konieczne jest sklepanie zaplotu drewnianego młotkiem (na podkładce z drewna) w celu uzyskania zwartego zaplotu linki.

Wykończenie zaplotu polega na wykonaniu stożkowego zakończenia. W związku z tym co drugi splot przeciągany jest teraz „nad jednym pod dwa" sploty linki właściwej, a następnie obciągany mocno płaskimi szczypcami i odcięty krótko przy lince. Zakończenie wymaga teraz starannego owinięcia miękkim drutem mosiężnym w miejscu widocznym na rysunku 202.

Przy sztukowaniu linek lub łączeniu końców zerwanej linki, wykonywany jest zaplot podłużny, którego schemat pokazany jest na rysunku 204. Wykonywanie tego zaplotu ma przebieg nieco odmienny. Obie łączone linki owija się w odległości około 15 cm od końców miękkim drutem mosiężnym, a następnie składa ze sobą tak, jak to pokazano na rysunku 204a. W miejscu, w którym przeplatają się sploty obu końców linek, należy owinąć połączenie drutem, a poprzednio nawinięte druty usunąć.

Przy numerowaniu splotów przyjmuje się, że sploty obu



Rys. 204. Wzdłużny zaplot linki stalowej

łączonych linek mające tę samą numerację przechodzą obok siebie. Pracę można rozpocząć od wplatania splotów linki *B* do linki *A*. W takim przypadku swobodne sploty linki *A* należy przewiązać drutem, aby nie przeszkadzały w wykonywanej pracy. 2 5 5

Pierwszą czynnością jest wplatanie splotu *1* (rys. 204b), który należy prowadzić w kierunku przeciwnym do skrętu linki ponad splotem *IV* linki *A* oraz spod splotami *V* i *VI*. Drugą czynnością jest przesunięcie splotu *2* ponad splotem *I*, a następnie pod splotami *IV* i *V*. W ten sposób, stosując metodę „nad jednym pod dwa" należy przesuwać pozostałe sploty. Tak jak poprzednio, przesunięte sploty należy dobrze obciągać płaskimi szczypcami.

W opisany tu sposób wykonuje się też zaplot drugiej i trzeciej warstwy. Dalsze zaploty, to znaczy czwarty i piąty, wykonywane są przy stopniowo malejącej liczbie splotów. Rozpoczynając zaplot czwartej warstwy należy odciąć dwa przeciwległe sploty (np. splot *1* i *4*), w związku z czym zaplot będzie wykonany tylko przy wykorzystaniu czterech splotów. Zaplot warstwy piątej odbywa się już tylko przy wykorzystaniu dwóch splotów. Po odcięciu końców ostatnich splotów należy zaplot wyklepać za pomocą drewnianego młotka.

Drugą część pracy wykonuje się w analogiczny sposób (tzn. wplatanie linki *A* do linki *B*). Całość należy wyklepać drewnianym młotkiem po uprzednim usunięciu mosiężnego drutu, którym były obie linki przytrzymywane.

2/IV

LINY HOLOWNICZE DO STARTU ZA SAMOLOTEM

Do holowania szybowców za samolotem stosowane są obecnie wyłącznie linki tekstylne o długościach około 60, 40 i 20 m. W szczególnych przypadkach stosuje się linki krótsze lub dłuższe. Linki dłuższe przeznaczone są do holowania szybowców pilotowanych przez uczniów i pilotów mniej zaawansowanych, linki krótkie natomiast wymagają dobrego opanowania pilotażu szybowca i umiejętności dokładnego utrzymania miejsca za samolotem. Poza tym linki o wymienionych tu długościach wykorzystywane są przy jednoczesnym holowaniu kilku szybowców, gdzie wymagane jest zachowanie odpowiednich odstępów pomiędzy kolejnymi szybowcami.

Według obowiązujących wymagań wytrzymałość połączenia pomiędzy samolotem a szybowcem nie powinna być większa niż 600 kG. Jeżeli lina odznacza się większą wytrzymałością,

2 to powinna być zaopatrzona, tak jak linka wyciągarkowa,
5 w odpowiedni bezpiecznik zrywowy. Jednocześnie wymaga
6 się, aby lina holownicza była elastyczna, czyli wykazywała zdolność do pewnego wydłużania się i kurczenia, dzięki czemu mogą być łagodzone skutki szarpnięć, wynikających np. z błędów pilotażu popełnianych przez szkolących się lub z burzliwego stanu atmosfery. Wymaganie to kryje w sobie pewne niebezpieczeństwo, gdyż przy dużej sprężystości liny najczęściej utożsamianej z elastycznością, akumuluje się podczas szarpnięcia znaczna energia. Jeżeli w takiej sytuacji nastąpi zwolnienie liny z zaczepu szybowca lub samolotu, zwolniony koniec liny może bardzo poważnie uszkodzić konstrukcję samolotu lub szybowca, do których lina jest przymocowana.

Liny holownicze wykonywane są z lin konopnych, manilowych lub z tworzyw sztucznych. Przy stosowanych średnicach, wynoszących od 8 do 15 mm, liny takie odznaczają się wytrzymałością od 600 do około 1500 kG, przy czym wydłużenie ich przy zerwaniu dochodzi do około 50% (liny z tworzyw sztucznych).

Liny holownicze wyposażone są na obu końcach w identyczne ogniwa zaczepowe, takie same, jakie stosowane są przy linach wyciągarkowych. W tym celu na obu końcach lin wykonywane są pętle, powstałe przez odpowiednie zaplecenie ich końców lub przez wykonanie węzłów. Często, w celu ochrony pętli przed szybkim przetarciem, obszywana jest ona skórą.

Przy linach holowniczych jedynym znormalizowanym elementem są ogniwa zaczepowe. Bezpieczniki zrywowe (także znormalizowane) na ogół nie są stosowane, jeśli wytrzymałość liny nie przekracza zbytnio określonej wartości. W odniesieniu do tworzywa, rodzaju splotu i średnic istnieje w przypadku lin holowniczych duża dowolność. To samo odnosi się do sposobu mocowania przy linach ogniw zaczepowych. Tam, gdzie końce lin są zaplatane, lina musi być przewinięta przez większe ogniwo zaczepowe, natomiast w przypadku lin o małych średnicach istnieje możliwość umocowywania ogniw za pomocą pętli zaciskających się, co ma tę dogodność, że w przypadku zużycia liny lub uszkodzenia ogniwa, pozwala na szybkie odłączenie go od liny.

Podobnie nie zostały dotychczas znormalizowane wymagania dotyczące lin stosowanych podczas holowania większej liczby szybowców.

Tworzywo, z którego wykonywane są liny holownicze, odznacza się stosunkowo małą odpornością na uszkodzenie i na zużycie, toteż podczas użytkowania konieczne jest szczególnie ostrożne obchodzenie się z linami. Należy zawsze pamię-

tać, że urwanie się liny holowniczej bezpośrednio po starcie z lotniska czy terenu przygodnego może postawić pilota szybowca w bardzo trudnej sytuacji i grozi poważnym uszkodzeniem szybowca. 2 5 7

Na prędkość zużywania się lin holowniczych ma duży wpływ praktykowane często lądowanie samolotu ze zwisającą liną, kołowanie po leżącej na ziemi linie, jak też wykorzystywanie lin holowniczych do innych celów. Lądowanie ze zwisającą liną jest w pewnych warunkach uzasadnione, na przykład przy dużym ruchu na lotnisku lub w celu zaoszczędzenia resursu samolotu. W przypadkach takich należy dbać o to, aby lina zaczepiana była do samolotu zawsze tym samym końcem, gdyż wtedy zewnętrzne jej włókna układają się w jednym kierunku i lina trze o ziemię zawsze „z włosem", który w pewnym stopniu chroni przed ścieraniem jej wewnętrzne włókna.

Określenie stopnia zużycia liny holowniczej jest dość trudne. Na ogół w przeciętnych warunkach lina holownicza spełnia swoją rolę przez jeden sezon lotny. Niedopuszczalne jest użytkowanie lin noszących objawy uszkodzeń oraz lin z zaciągniętymi węzłami; niedopuszczalne jest także skracanie lin w sposób doraźny przez wykonywanie węzłów.

Przed rozpoczęciem lotów konieczne jest dokonanie starannego przeglądu całej liny holowniczej. W przypadkach wątpliwych stwierdzone usterki liny powinny być zgłoszone osobie prowadzącej loty. Liny powinny być przechowywane w zwojach o średnicy kilkudziesięciu centymetrów. Przed zwinięciem liny powinny być wysuszone. Nie należy wieszać zwojów lin na gwoździach, gdyż powoduje to miejscowe przełamywanie włókien. Najlepiej nadają się do tego celu drewniane kołki o dość dużej średnicy.

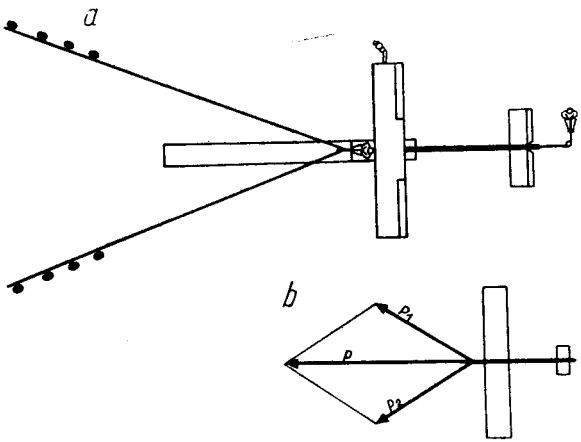
Okres przydatności lin holowniczych do użytkowania nie jest ustalany, lecz zależy od jakości liny, intensywności użytkowania oraz prawidłowości ich eksploatacji. Sprawdzenie stanu technicznego lin holowniczych należy do obowiązków użytkownika, on też decyduje o konieczności wycofywania zużytych lin.

3/IV

GUMOWE LINY STARTOWE

Wyposażenie niezbędne do wykonywania startów z lin gumowych składa się z pary gumowych lin startowych i zaczepu ogonowego przymocowanego do wbitego w ziemię kołka. W okresie, kiedy szybowce pozbawione były podwozi koło-

2 wych, stosowane były w miękkim terenie specjalne deski
5 startowe, ułatwiające rozbieg szybowca.
8 Zasada startu z lin gumowych przypomina działanie procy gumowej (rys. 205). W celu umożliwienia odpowiedniego naprężenia lin gumowych, szybowiec musi być przytrzymywany na starcie, a następnie w odpowiedniej chwili zwolniony. Liny gumowe, wyposażone w specjalne ogniwo, zacze-

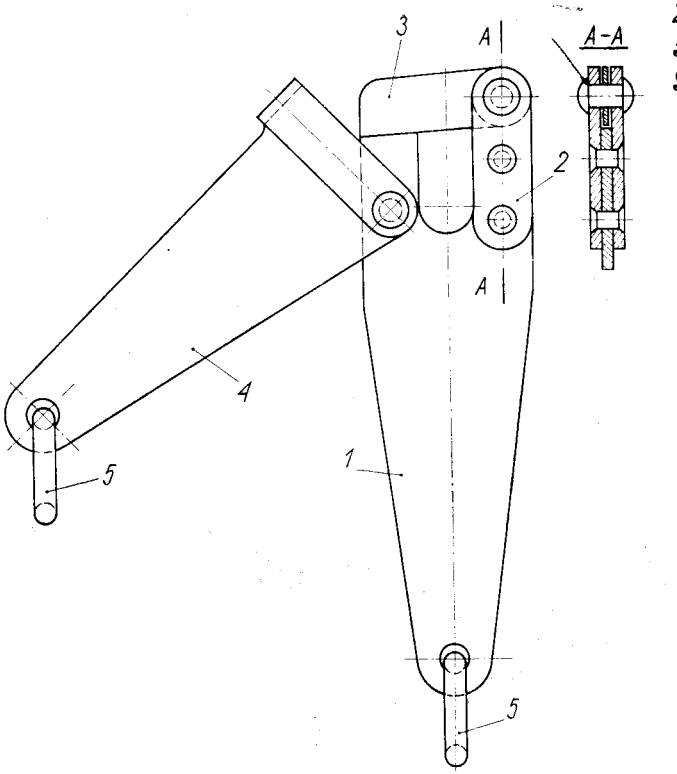


Rys. 205. Schemat startu szybowca z lin gumowych
a — ustawienie obsługi startowej, b — siły działające na szybowiec w chwili startu

piane są do haka startowego (rys. 88). Tył kadłuba przytrzymywany jest natomiast przez zaczep ogonowy (rys. 206). Zaczep ten, umocowany na lince do kołka wbitego na miejscu startu, zakładany jest bezpośrednio do ucha znajdującego się przy płozie ogonowej szybowca (porównaj rys. 76*b*, *c*).

Gumowa lina startowa utworzona jest w zasadzie z jednej liny długości około 50 m, złożonej w połowie i owiniętej mocnym sznurkiem na metalowym chomątku. Przy chomątku znajduje się okrągłe stalowe ogniwo zakładane na hak startowy szybowca (rys. 207).

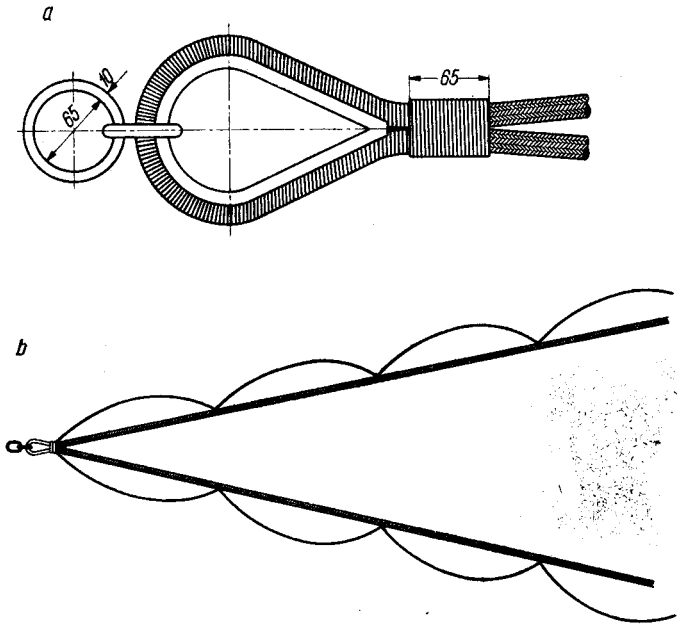
W celu lepszego wykorzystania lin stosowane są przy nich przedłużacze z lin tekstylnych. Są one umocowane do końców liny i mają w ustalonych odstępach węzły umożliwiające wygodne i silne uchwycenie ręką. W celu ochrony lin przed nadmiernym wydłużeniem oraz w celu ochrony członków obsługi startowej przed skutkami zerwania liny, stosowane są też często ograniczniki wydłużenia, sporządzane z lin tekstylnych (rys. 207*b*).



Rys. 206. Startowy zaczep ogonowy stosowany przy starcie z lin gumowych

Gumowa lina startowa zbudowana jest z dużej liczby cienkich nitek gumowych (800÷1000) otoczonych dwiema lub trzema warstwami tekstylnego oplotu. Oploty odznaczają się charakterystycznym splotem nici umożliwiającym wydłużenie liny do około 100% pierwotnej długości. Wewnętrzny oplot zapobiega wzajemnemu przemieszczaniu się nitek gumowych, zewnętrzny natomiast chroni linę przed oddziaływaniem czynników atmosferycznych i uszkodzeniami mechanicznymi. Średnice lin gumowych wynoszą od 16 do 20 mm (rys. 208). Zależnie od liczby nitek gumowych liny różnią się między sobą właściwościami. Liny o średnicach większych korzystniejsze są w warunkach bezwietrznych, kiedy wymagane jest większe przyspieszenie przy starcie. Są one też stosowane głównie przy starcie szybowców cięższych. W szczególnych okolicznościach, jak na przykład przy starcie ciężkiego dwuosobowego szybowca w warunkach bezwietrznych,

2 wykorzystuje się do startu równolegle złożone dwie pary lin
6 startowych.
0 Stopień naciągu lin startowych określany jest przez instruktora prowadzącego loty na podstawie wzrokowej obserwacji wydłużania lin. Liny nie powinny być wydłużane więcej niż o 80% ich pierwotnej długości. Liny ustawiane są względem

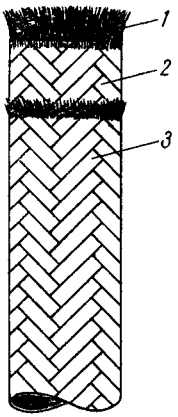


Rys. 207. Gumowe liny startowe

kierunku startu pod pewnym kątem, przez co zapewnia się bezpieczeństwo obsługi startowej, która naciąga liny. Zwykle do każdej z dwóch lin konieczne jest zaangażowanie czterech osób obsługi, a w przypadku szybowców ciężkich — więcej.

Para lin gumowych pozwala na wykonanie kilku tysięcy startów. Jest to możliwe oczywiście pod warunkiem przestrzegania zasad ich użytkowania i konserwacji. Dotyczy to przede wszystkim stopnia wydłużania (a więc obciążania) lin podczas startu. Nie mniej ważne jest samo obchodzenie się z linami. Nie należy ciągnąć lin na start po ziemi, gdyż prowadzi to do przyspieszonego zużycia oplotu. Przyspieszone zużycie lin jest wywoływane ponadto pozostawieniem ich na noc na miejscu startu (wilgoć, piasek, zmiany temperatury, działanie promieni słonecznych itp.). Bardzo szkodliwie oddziałuje na liny gwałtowne ich odciążenie, występujące w

przypadku złego stanu haka startowego przy szybowcu, prowadzącego do „strzelania" mocno naprężonych lin. Nawet drobne ślady miejscowych uszkodzeń nie powinny być lekceważone; liny uszkodzone należy koniecznie przekazać



Rys. 208. Budowa gumowej liny startowej
1 — rdzeń,
2 — oplot wewnętrzny,
3 — oplot zewnętrzny

do naprawy. Poruszane tu zasady budowy i użytkowania lin odnoszą się także do gumowych amortyzatorów linowych, jakie znajdują zastosowanie przy amortyzacji podwozi w niektórych typach szybowców.

Rozdział V

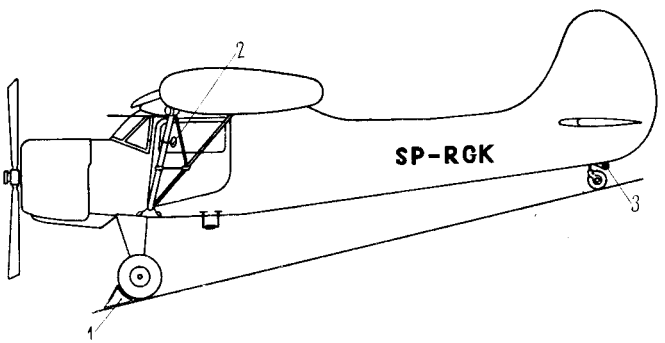
SAMOLOT HOLUJĄCY

Do holowania szybowców wykorzystywane są samoloty szkolne, sportowe i wielozadaniowe, odznaczające się odpowiednio dużą mocą silnika oraz dobrymi własnościami lotnymi przy małych prędkościach lotu. Są to zwykle samoloty lżejszych kategorii, które wyposażone w silniki o mocach od 120 do 240 KM dysponują pewnym nadmiarem mocy, który może być wykorzystany właśnie do holowania szybowców. Od samolotów holujących wymaga się, aby mogły wykonywać lot z szybowcem przy prędkościach od około 100 km/h do około 140 km/h. Większe prędkości holowania ze względu na wytrzymałość konstrukcji szybowców, nie są na ogół wymagane.

Przystosowanie samolotu do wykonywania lotów holujących polega na zainstalowaniu na nim zaczepu wraz z instalacją do jego zwalniania oraz na zabudowie lusterka zwrotnego, umożliwiającego pilotowi obserwowanie holowanego szybowca. W niektórych przypadkach konieczne może być wyposażenie samolotu w specjalne śmigło, skracające długość rozbiegu przy starcie i poprawiające jego prędkość wznoszenia. Do powszechnie stosowanych samolotów holujących, które spełniają stawiane wymagania, należą samoloty PZL 101 „Gawron" oraz PZL 104 „Wilga". Samoloty „Zlin 526 F" stosowane są do holowania szybowców raczej sporadycznie. W przypadku samolotów „Zlin" mogą występować trudności z utrzymaniem w dozwolonym zakresie temperatur głowic silnika i oleju, gdyż są to samoloty przystosowane do lotów z większymi prędkościami, zapewniających korzystniejsze warunki chłodzenia silnika.

Na rysunku 209 przedstawiającym samolot PZL 101 „Gawron", wskazane jest miejsce zabudowy lusterka zwrotnego *2* oraz zaczepu do holowania *3*.

Samolot przygotowywany jest do holowania szybowców po wytoczeniu z hangaru. Przygotowanie rozpoczyna normalny przegląd przedlotowy, wykonywany przez pilota holującego. Podobnie jak w przypadku szybowców, przegląd przedlotowy polega na kolejnym sprawdzaniu stanu poszczególnych części i zespołów płatowca. Przegląd obejmuje także silnik wraz



Rys. 209. Przygotowanie samolotu holującego

z jego instalacjami oraz śmigło. Podczas wykonywania tych czynności podlega sprawdzeniu zaczep do holowania i jego instalacja zwalniająca. Zaczep samolotowy różni się od zaczepu szybowcowego tym, że pod wpływem działania sprężyny jest zawsze zamknięty, a do utrzymania go w stanie otwartym konieczne jest wywieranie stałej siły na uchwyt zwalniający, umieszczony w kabinie pilota z lewej strony.

Szczególną uwagę należy zwracać na całkowite domykanie się zaczepu. Zaczep zamyka się zwykle tylko pod działaniem sprężyny zaczepowej, która obok oddziaływania na układ kinematyczny haka musi dodatkowo odciągać cięgło biegnące od dźwigni zaczepu do kabiny pilota. Warunek ten może być spełniony jedynie wtedy, gdy zaczep jest czysty, ma sprawną sprężynę, a linka cięgła nie napotyka po drodze oporów tarcia i nie jest zbyt krótka. 2 6 3

W wielu przypadkach korzystne jest wspomaganie układu za pomocą sprężyny spiralnej lub amortyzatorka spadochronowego, włączanych równolegle z linką cięgła w tylnej części kadłuba i odciągających linkę w kierunku zaczepu.

Podczas przeglądu sprawdzany jest także stan lusterka zwrotnego, a więc jego czystość, pewność zamocowania i możliwość ustawiania w położeniu odpowiednim do wzrostu pilota i długości liny holowniczej.

Do obowiązków pilota szybowcowego należy udzielenie pilotowi i mechanikowi pomocy podczas wytaczania samolotu z hangaru oraz podczas uzupełniania stanu paliwa i oleju. Podczas wytaczania samolotu pracami kieruje zwykle mechanik samolotowy. Samolot należy chwytać tylko w przewidzianych do tego celu miejscach, a więc za uchwyty przy końcach skrzydeł lub w tyle kadłuba. Niedopuszczalne jest wywieranie siły na śmigło oraz krawędzie spływu skrzydeł i sterów. Pilot szybowcowy wykonuje polecenia osoby kierującej wytaczaniem samolotu z hangaru, zwracając jednocześnie uwagę, aby samolot nie zaczepił skrzydłem lub usterzeniem o inne samoloty lub drzwi hangaru.

Przed przystąpieniem do uzupełniania paliwa samolot powinien być uziemiony za pomocą linki metalowej znajdującej się zwykle przy podwoziu. Uzupełnienie paliwa odbywa się przy użyciu przeznaczonego do tego celu lejka z gęstą, nieuszkodzoną siatką metalową. Na siatkę nakłada się dodatkowo wkład z tkaniny jedwabnej lub z irchy (gatunek miękkiej skóry), które odznaczają się właściwościami oddzielania wody, mogącej znajdować się w paliwie.

Olej wlewany jest do zbiornika przez lejek z siatką. Uzupełnianie paliwa i oleju powinno się odbywać w warunkach wykluczających dostanie się do zbiorników zanieczyszczeń unoszących się w powietrzu. Zbiorniki mogą być uzupełniane tylko do określonej objętości. W tym celu konieczne jest sprawdzanie ilości paliwa i oleju w trakcie ich uzupełniania. Zwykle pozostawia się wolną 1/10 część objętości zbiornika paliwa i 1/4 część objętości zbiornika oleju (przy pełnym stanie paliwa i oleju).

Ponieważ wlewy zbiorników umieszczone są zwykle dość wysoko, często jest konieczne wchodzenie na skrzydło lub

wspieranie się nogą na wystających elementach samolotu. W takich przypadkach należy zwracać uwagę, aby nie spowodować uszkodzenia samolotu. Wchodzenie i wspieranie się dozwolone jest tylko w miejscach do tego celu przewidzianych, które są też zwykle odpowiednio oznaczone. Szczególną uwagę należy poświęcić dokładnemu zamknięciu wlewów zbiorników i najlepiej, jeżeli tą czynnością zajmie się mechanik samolotu.

W celu uruchomienia silnika i wykonania próby jego pracy samolot jest ustawiany w miejscu zabezpieczającym go przed podmuchami wiatru lub zderzeniem się z innymi samolotami czy też przeszkodami naziemnymi. Miejsce to ustalane jest przez mechanika lub przez pilota samolotu. Bez względu na to, czy samolot wyposażony jest w hamulce, do rozruchu silnika powinny być pod koła wstawiane specjalne podstawki (rys. 209, *1*).

Konieczne jest także ustawienie w pobliżu samolotu, z boku, od strony, na którą przechodzi mechanik, gaśnicy startowej. Pilot szybowcowy powinien zapoznać się ze sposobem uruchamiania takiej gaśnicy. Gaśnica przewidziana jest na przypadek, gdy w wyniku nieudanych, kilkakrotnych prób rozruchu, nastąpi przelanie silnika paliwem. Paliwo rozlane w gardzieli gaźnika, na masce silnika, a nawet pod samolotem na ziemi, może zapalić się od płomienia z rury wydechowej lub płomienia, który może cofnąć się z cylindra do rur ssących gaźnika. W razie rozlania paliwa zalecane jest przerwanie prób rozruchu, przetoczenie samolotu w inne miejsce i odczekanie, aby rozlane paliwo odparowało z instalacji silnika.

W warunkach lotniskowych prace przy rozruchu silnika wykonuje mechanik samolotowy. W warunkach polowych, gdy samolot przylatuje po szybowiec, który wylądował w przygodnym terenie, z zasady silnika nie wyłącza się, mogą jednak zaistnieć okoliczności wymagające wyłączenia go. W takiej sytuacji pilot szybowca powinien umieć zastąpić mechanika. Jeżeli samolot wyposażony jest we własne urządzenie rozruchowe, to rola pilota szybowcowego ograniczona jest do upewnienia się, czy samolot ma sprawne hamulce podwozia, oraz do usunięcia przygodnych osób na bezpieczną odległość. Jeżeli hamulców brak, konieczne jest podłożenie przed koła klocków drewnianych lub odpowiedniego kształtu kamieni. Ludzi należy usunąć sprzed samolotu poza płaszczyznę wirowania śmigła. Podczas poruszania się przy samolocie pilot szybowcowy powinien pamiętać o zagrożeniu, jakie tworzy pracujący silnik samolotu.

Po dłuższym postoju samolotu z wyłączonym silnikiem przed rozruchem silnika często jest konieczne kilkakrotne obróce-

nie śmigła w celu zassania do cylindrów mieszanki. W warunkach polowych czynność tę może wykonać tylko pilot szybowca. W takim przypadku konieczne jest porozumienie się z pilotem samolotu, ustalenie zakresu czynności i sposobu wzajemnego porozumiewania się podczas wykonywania czynności związanych z obracaniem śmigła. Wszystkie osoby nie należące do obsługi powinny być usunięte w bezpieczne miejsce, a obaj piloci muszą mieć dobrą łączność słuchową. Polecenia wydaje w takim przypadku pilot samolotu. Pilot szybowcowy może przystąpić do obracania śmigła wtedy, kiedy ma pewność, że zapłon silnika jest wyłączony.

Szczególnie ostrożnie należy postępować w przypadku, gdy silnik samolotu jest podgrzany. Śmigło należy chwytać przy końcu zagiętymi palcami jednej ręki, a po każdym przerzuceniu sprężu rękę należy natychmiast cofać i nie zbliżać jej do śmigła, dopóki śmigło nie zatrzyma się. Zwykle, po wykonaniu kilku obrotów śmigłem, podczas których pilot samolotu wstrzykuje do rur ssących odpowiednią ilość paliwa, uważa się silnik za zassany. Pilot szybowcowy odchodzi wtedy od silnika i zatrzymuje się przy końcu skrzydła samolotu, dając pilotowi siedzącemu w kabinie samolotu sygnał o gotowości silnika do rozruchu.

Przy prawidłowym zassaniu, a następnie zasilaniu paliwem, silnik rozpoczyna pracę. Niepowodzenia próby rozruchu mogą polegać na wytworzeniu w cylindrach zbyt bogatej (silnik przelany) lub zbyt ubogiej mieszanki. W pierwszym przypadku konieczne jest odczekanie kilku minut w celu umożliwienia odparowania nadmiaru mieszanki lub też, gdy zależy na pośpiechu, przedmuchanie silnika przez kręcenie śmigła do tyłu (silnik wyłączony, pełny gaz). W drugim przypadku konieczne jest dalsze wstrzykiwanie paliwa do rur ssących silnika.

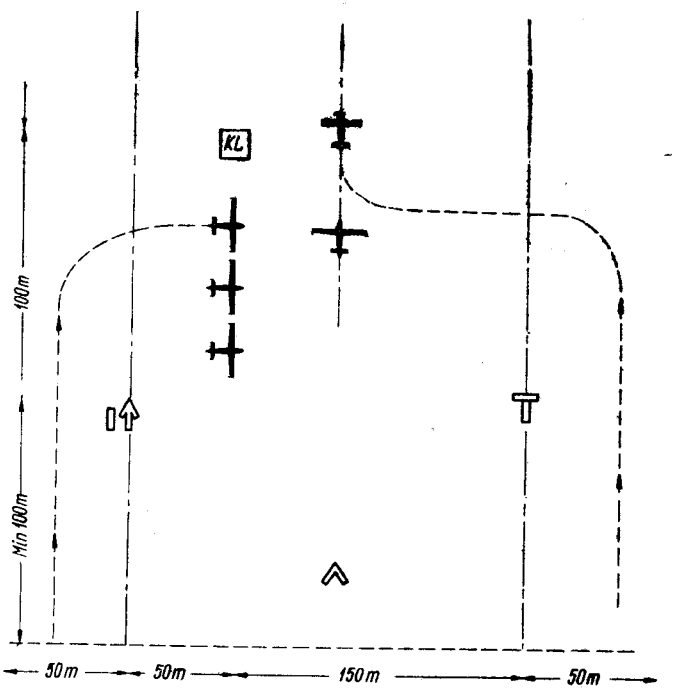
Samolot wykołowujący spod hangaru w kierunku startu powinien być odprowadzany przez kilkadziesiąt metrów przez idącego przy skrzydle mechanika lub pilota szybowcowego. Jeżeli samolot jest pozbawiony hamulców, to osoba konwojująca go przytrzymuje odpowiednio koniec skrzydła, pomagając pilotowi w wykonywaniu zmian kierunku. Do obowiązków tej osoby należy informowanie pilota za pomocą znaków dawanych ręką o kierunku kołowania oraz o konieczności zatrzymania się. W analogiczny sposób należy postępować w przypadku, gdy samolot kołuje z lotniska do hangaru (tu należy wyjść na spotkanie samolotu), jak też podczas kołowania samolotu w terenie przygodnym.

Obsługa samolotu na starcie szybowcowym należy do obowiązków pilotów szybowcowych. Polega ona na prowadzeniu samolotu za skrzydło od chwili, gdy samolot kołujący zbliża

2 się na nieznaczną odległość do grupy startującej, do ciągnika czy też do odstawionych szybowców, aż do chwili zatrzymania się samolotu. Jest to szczególnie ważne wówczas, gdy wieje silny wiatr.

Ogólne zasady poruszania się samolotu holującego na starcie wyjaśnione są na rysunku 210. Na rysunku tym zaznaczone jest miejsce zrzutu linki holowniczej (grot strzały). Nad miejscem tym przelatuje na wysokości około 100 m samolot holujący i odczepia linę holowniczą. Zrzut liny powinien być obserwowany przez pilotów szybowcowych, którzy też niezwłocznie dostarczają zrzuconą linę na start.

Po wylądowaniu samolotu i ustawieniu go przed szybowcem wyznaczonym do startu, jeden z pilotów szybowcowych zaczepia linkę holującą do zaczepu samolotu. W tym celu zbliża się on do samolotu od tyłu i poruszając lekko sterem wysokości daje znak pilotowi o zamiarze podłączenia linki. Pilot samolotu obserwując go w lusterku otwiera hak zaczepu, a po chwili zamyka go. Po zaczepieniu linki pilot szybowcowy naprężą ją i szarpiąc kilkakrotnie sprawdza pewność działania haka zaczepu. Jeżeli podczas podłączania liny zostaną stwierdzone ślady zanieczyszczeń lub wręcz zacinanie



Rys. 210. Rozłożenie startu w lotach na holu za samolotem

się zaczepu, to do obowiązków pilota szybowcowego należy zameldowanie o tym instruktorowi prowadzącemu loty. 2 6 7

Drugi koniec linki holowniczej może być podłączony do szybowca dopiero wtedy, gdy pilot (załoga) szybowca ukończy przygotowania przedstartowe, zamknie osłonę kabiny, a osoby towarzyszące usuną się sprzed szybowca. Pilot szybowcowy, który dokonał poprzednio podłączenia linki do samolotu, pozostaje w bezpiecznej odległości od samolotu i z chwilą ustawienia skrzydeł w poziomie daje pilotowi samolotowemu znak do naprężania liny (ruchy wahadłowe ręką wyprostowaną do dołu).

Gdy linka napręży się, należy zasygnalizować to pilotowi przez uniesienie ręki do góry. Pilot zatrzymuje samolot oczekując na sygnał do rozpoczęcia startu. Stojący obok samolotu pilot szybowcowy obserwuje sygnały nadawane przez osobę przytrzymującą skrzydło szybowca i powtarzając je daje pilotowi samolotu sygnał do rozpoczęcia startu zespołu.

W ciągu ostatnich lat opisana tu procedura startowa została znacznie uproszczona dzięki wyposażeniu samolotów w hamulce kół oraz w radio, za pomocą którego kierujący lotami udziela pilotowi samolotu odpowiednich wskazówek. Zarówno jednak hamulce kół, jak i radiostacja należą do urządzeń, w których względnie często występują usterki i wtedy powstaje konieczność postępowania w wyżej opisany sposób.